

P. 3835
octobre 1972

Trimestriel

RA
fascicule 3

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE



Tome III

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Adresser les cotisations à M. le Trésorier de la Société d'Ecologie

61, rue de Buffon, 75005 PARIS

C.C.P. Société Française d'Ecologie 30.279-62 LA SOURCE

Cotisation 1972 : 50 francs et 100 francs pour les collectivités

Bureau :

Président : Georges LEMÉE, Laboratoire d'Ecologie végétale, Faculté des Sciences, Orsay (Essonne).

Vice-Président : Pierre JOURDHEUIL, Station de Recherches de lutte biologique, 37, boulevard du Cap, 06 - Antibes.

Secrétaire Général : Cl. DELAMARE DEBOUTTEVILLE, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit Château, Brunoy (Essonne).

Secrétaire Générale adjointe : M^{me} Germaine RICOU, Laboratoire de Zoologie agricole, 16, rue Dufay, Rouen (Seine-Maritime).

Trésorier : Jean-Marie TURMEL, Laboratoire de Biologie végétale appliquée, 61, rue de Buffon, Paris 5^e.

Conseil :

AMANIEU Michel, Maître de Conférences, Faculté des Sciences, place Eugène Bataillon, 34 - Montpellier.

BELLAN Gérard, Chargé de Recherches au C.N.R.S., Station Marine d'Endoume, rue de la Batterie des Lions, 13 - Marseille.

BINET Paul, Professeur à la Faculté des Sciences, Laboratoire de Physiologie Végétale, 14 - Caen.

BOUCHÉ Marcel, Chargé de Recherches à l'I.N.R.A., 7, avenue du Cromois, 21 - Quétigny.

BOVARD Pierre, Chef de la Station radioécologie du C.E.A., 42, rue de la République, Esquevilly (Yvelines).

BROSSET André, Maître de Recherches au C.N.R.S., Laboratoire d'Ecologie Générale, 4, avenue du Petit Château, 91 - Brunoy.

CERCEAU Didier, Ingénieur Agronome (ENSAT), 8, avenue de Valenton, 94 - Villeneuve-Saint-Georges.

DELAMARE DEBOUTTEVILLE Claude, Directeur du Laboratoire d'Ecologie Générale du Muséum National, Directeur du Laboratoire Souterrain du C.N.R.S., 09 - Moulis, 4, avenue du Petit Château, 91 - Brunoy.

GIUDICELLI Jean, Maître de Conférences, Faculté des Sciences Saint-Gérôme, Laboratoire de Zoologie, Traverse de la Barasse, 13 - Marseille (13^e).

GOUNOT Anne, Maître de Conférences, Faculté des Sciences de Lyon, Laboratoire de Biologie Végétale, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69 - Villeurbanne.

JOURDHEUIL Pierre, Directeur de la Station de Recherches de lutte biologique et de zoologie, 37, boulevard du Cap, 06 - Antibes.

LAUBIER Lucien, Conseiller scientifique au CNEXO, B. P. 337, 29 N - Brest.

LEMÉE Georges, Professeur à la Faculté des Sciences d'Orsay, 6, avenue Garennière, 94 - Fresnes.

LOSSANT Paul, Directeur de Recherches au C.N.R.S., Résidence « Blanche Colombe » (D), chemin des Sorbes, 34 - Montpellier.

MARTINAT Michel, Architecte-urbaniste, 13-17, rue Lucien Perquel, 95 - Montmorency.

MOREL Pierre, Vétérinaire-Inspecteur de la Coopération, 10, rue Pierre Curie, 94 - Maison-Alfort.

DE PARCEVAUX Sané, Maître de Recherches à l'I.N.R.A., 51, boulevard de Glatigny, 78 - Versailles.

RAMADE François, Maître-Assistant, Laboratoire de Zoologie de l'I.N.A., 16, rue Claude Bernard, 75 - Paris (5^e).

RICOU Germaine, Maître de Recherches à l'I.N.R.A., 5, rue Paul Lambard, 76 - Grand-Quevilly.

RIOUX Jean-Antoine, Professeur à la Faculté de Médecine, 18, rue Foch, 34 - Montpellier.

ROUGERIE Gabriel, Professeur à la Sorbonne, 10, avenue du Docteur Roux, 75 - Paris (15^e).

SAUVAGE Charles, Vice-Président de l'Association Internationale d'Ecologie, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, route des Matelles, 34 - Saint-Gély-du-Fesc.

TURMEL Jean-Marie, Maître de Conférences, 1, square Lagarde, 75 - Paris (5^e).

WATIER Jacques, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, 164, rue Louis Becker, 69 - Villeurbanne.

Membres étrangers du bureau :

Professeur DUVIGNEAUD, Centre National d'Ecologie générale, 28, avenue Paul Heger, Bruxelles (Belgique).

Professeur SACCHI, Istituto di Zoologia, Palazzo Botta, 21.000, Pavie (Italie).

M. MARGALEF, Cons. Sup. de Investig. Pesqueiras, Universidad de Barcelona, Barcelona (Espagne).

Professeur GIACOMINI, Ordinario di Botanico, Università di Roma (Italie).

Professeur STUGREN, Catedra de Biologie, Universitatea « Babes Bolyan », Str. Clinicilor 5-7 Cluj (Roumanie).

octobre 1972
Trimestriel

fascicule 3

BULLETIN
DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Secrétariat général

4, Avenue du Petit-Château
91800 BRUNOY, Essonne (France)



Publié avec le concours financier du Centre National de la Recherche Scientifique

Tome III

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Fascicule 3

SOMMAIRE

Rafik SKAF. — Le criquet marocain au Proche-Orient et sa grégarisation sous l'influence de l'homme	247
A.L. ROUX. — Etude préliminaire pour le Parc Naturel régional du Bugey. Avant-propos	326
R. ENAY. — Etude préliminaire pour le Parc Naturel régional du Bugey. 1. Aperçu géologique et géographique	328
H. BON. — Etude préliminaire pour le Parc National régional du Bugey. 2. Climatologie	335
Raymond GIMILIO. — Application des notions de continentalité au Velay-Vivaraïs. Etude sur la continentalité pluviale moyenne	341
Jean-Claude GALL. — Le rôle de la paléoécologie dans la reconstitution des anciens biotopes. Application aux gisements fossilifères du trias inférieur des Vosges	354 —

LE CRIQUET MAROCAIN AU PROCHE-ORIENT ET SA GRÉGARISATION SOUS L'INFLUENCE DE L'HOMME

par Rafik SKAF (*) (**)

Résumé	247	B. Jordanie	275
Summary	248	C. Qalamoun septentrional	280
INTRODUCTION	249	D. Aire jéziro-mésopotamienne	283
CHAPITRE 1. — LA RÉGION	250	1. Géographie	283
A. Aperçu géographique	250	2. Climat	283
B. Hydrographie	252	3. Sols	288
C. Climat et Bioclimat	252	4. Végétation	289
D. Végétation	260	5. Action de l'homme	292
CHAPITRE 2. — L'INSECTE	263	6. Les habitats des solitaires	294
A. Caractères de <i>Dociostaurus maroccanus</i> THUNB.	263	7. Les grégaires et les régions grégaires	297
B. Evolution de l'insecte	265	8. Autres espèces acridiennes	303
C. Parasites, prédateurs et concurrents	266	CHAPITRE 4. — ÉCOLOGIE COMPARÉE DE <i>D. maroccanus</i> SOLITAIRE DANS SON AIRE TOTALE DE RÉPARTITION	304
D. Les invasions	269	A. Présentation des facteurs essentiels	305
1. Historique des invasions	269	B. Types climatiques	308
2. Unicité de l'aire d'invasion jéziro-mésopotamienne	272	CHAPITRE V. — LE PROBLÈME DU CRIQUET MAROCAIN AU PROCHE-ORIENT	311
CHAPITRE 3. — AIRES D'HABITAT DE <i>D. maroccanus</i> AU PROCHE-ORIENT	273	A. Essai d'histoire	311
A. Massif des Alaouites	273	B. Avenir	320
		Remerciements	322
		BIBLIOGRAPHIE	323

RÉSUMÉ

L'étude expose le résultat de 15 ans de recherches ayant pour objectif la localisation et la délimitation des habitats, des régions et foyers grégaires du criquet marocain dans le Proche-Orient, et l'étude de la biologie et surtout de l'écologie de l'espèce.

Le milieu et en particulier le bioclimat et la végétation potentielle et actuelle sont décrits. Une attention particulière est vouée à la distribution saisonnière des pluies et à sa variabilité interannuelle. L'étude de la végétation montre d'une façon claire l'action désertifiante de l'homme et de ses troupeaux.

(*) Division de la Production et de la Protection des plantes FAO - Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italie.

(**) Travail ayant fait l'objet d'une thèse de Doctorat (Docteur-Ingénieur) soutenue à l'Université Paris VI, le 14 mars 1972.

Les données disponibles sur l'évolution de l'espèce dans la région, les caractères morphométriques, les parasites, prédateurs et concurrents sont présentés et analysés. Le mouton se dégage comme principal concurrent alimentaire des larves et aîlés. Le rôle de l'homme est signalé d'une façon détaillée tout au long de l'étude.

Les taches de la face supérieure des fémurs postérieurs présentent une grande plasticité d'aspect, en corrélation assez étroite avec l'aspect phasaire. Ce caractère est décrit pour la première fois. Sa considération constitue le moyen le plus sûr, le plus décisif et le plus facile pour reconnaître et différencier les individus de divers statuts.

L'historique des dernières invasions permet de rejeter l'ancienne conception d'unicité d'origine des invasions, de même toute idée de simultanéité générale de l'entrée en fonction des foyers des diverses régions grégarigènes du Proche-Orient; il permet aussi d'adopter l'hypothèse d'unicité de l'aire d'invasion jézéro-mésopotamienne.

Les aires d'habitat du criquet marocain au Proche-Orient (Syrie-Jordanie-Irak) sont décrites en majorité pour la première fois, l'aire jézéro-mésopotamienne ayant reçu la plus grande attention en raison de son importance économique et écologique, et du fait que ses régions grégarigènes ont été découvertes en plein

fonctionnement au début de l'apparition du comportement grégaire.

L'écologie comparée du criquet marocain solitaire dans son aire totale de répartition est amorcée en présentant les facteurs essentiels et les types climatiques.

Le problème du criquet marocain au Proche-Orient est traité sous un angle agro-écologique. Une historique du problème est tentée. Le rôle de la dégradation de la végétation naturelle, l'insécurité de l'agriculture et de la sédentarité sont décrits. La situation actuelle est le résultat de l'extension rapide et démesurée des cultures sèches vers et dans la steppe au-delà de la limite de réussite potentielle, suivie de la dégradation excessive de la végétation naturelle due au surpâturage.

L'abandon temporaire ou définitif de très larges superficies cultivées, l'installation des barrages de l'Euphrate et du Khabour et la création de nouveaux points d'eau favoriseront la multiplication des habitats de l'espèce.

Des recommandations sont données concernant la surveillance de ces divers phénomènes en pleine évolution. Le processus compliqué amenant à l'installation de l'espèce et à sa grégorisation — processus inexplicable sans l'intervention de l'homme et de son troupeau — révèle l'ampleur des mesures à prendre au niveau national et régional par les pays intéressés.

SUMMARY

The present study is the result of 15 years of research having for objective the localisation and delimitation of the species' habitats, the outbreak areas and centres in the Near East and biological and particularly ecological studies of the species.

The environment and particularly the bioclimate, climax and actual vegetation are described. Particular attention has been given to the seasonal rainfall distribution and to its interannual variation. The study of the vegetation has clearly proven the influence of man and his flocks in laying desert to different areas.

Information available on the evolution of the species in the region, morphometric characteristics, parasites, predators and competitors, have all been presented and analyzed. The sheep are the main food competitors of hoppers and adults. During the whole study, the part played by Man is pointed out in a detailed manner.

The spots of the upper side of the back femurs show a great morphological plasticity, in quite strict correlation with the phase status. This characteristic is described for the first time. Its consideration constitutes the surest, most decisive and easiest way to recognize and differentiate between individuals in various phases.

The history of the past plagues is pointed out. It rejects the old idea of a single origin of plagues, as well as all ideas that the centres of the various outbreak areas of the zone begin functioning simultaneously; it also adopts the hypothesis of unicity of the Jeziro-Mesopotamian outbreak area.

The habitats of the Moroccan Locust in the Near East (Syria, Jordan, Iraq) are described, the majority for the first time, the Jeziro-Mesopotamian region having received greater attention due to its economic and ecological importance and to the fact that its outbreak areas were discovered in full function at the beginning of the gregarious behaviour stage.

The comparative ecology of the solitary Moroccan Locust in its entire distribution area has been initiated, with the presentation of essential factors and climatic types.

The problem of the Moroccan Locust in the Near East is treated from an agro-ecological angle. A history of the problem has been attempted. The role of degradation of the natural vegetation, of the insecurity of agriculture and of settlement are described. The present

situation is the result of rapid and huge expansion of dry cultivation towards and in the steppe area beyond the limit of potential success followed by over-degradation of climax vegetation due to over-grazing.

The temporary or definite abandon of extremely large cultivated areas, the installation of the Euphrate and Khabour dams and the creation of new watering-places will favour the creation of the species habitats.

Recommendations are made on the necessity of observing these various phenomena in full evolution. The complicated process leading to the establishment of the species and its gregarization, which is inexplicable without the intervention of Man and his flocks, demonstrate the number of measures which have to be taken, both on a national and regional level by the various countries concerned.

INTRODUCTION

En 1927 commença à fonctionner à Damas le Bureau de l'Office International de Renseignements sur les Sauterelles en conformité avec un accord signé par les Gouvernements de la Palestine (1), de la Transjordanie, de l'Irak, de la Turquie et de la Syrie, en vue de rendre plus efficaces les mesures de lutte entreprises contre le criquet pèlerin et le criquet marocain. L'Office a fonctionné jusqu'en 1932 et a publié un seul bulletin couvrant les activités des années 1930 et 1931. Malgré son existence éphémère, l'Office reconnaissait l'importance d'une zone permanente, foyer principal de propagation du criquet marocain dans les pays membres et qu'il désignait sous le nom de Jéziré, région située entre l'Euphrate et le Tigre, entre le 36 et le 37° degrés de latitude nord. Le Président, en 1932, invita feu B.P. UVAROV (1933) à visiter la Syrie et l'Irak en vue d'étudier le problème localement et de donner ses conseils sur la politique générale de la lutte.

Là s'arrêtent les études visant à trouver une solution scientifique au problème du criquet marocain, les autorités se limitant par la suite aux mesures de lutte symptomatique contre les manifestations grégaires de l'espèce. Pour la Turquie, les essais provenaient de la Syrie, pour la Syrie ils provenaient de l'Irak, et pour ce dernier pays la source était l'Iran.

Quelques études ont été menées dans le Nord de l'Irak par EIG (1935) et BODENHEIMER (1944) mais pratiquement ce n'est qu'à la Conférence Internationale sur le Criquet Marocain, réunie à Beyrouth en septembre 1949 sous l'égide de la FAO (1949) que les bases de la lutte rationnelle contre le criquet marocain ont été jetées et que les gouvernements ont été appelés à suivre dans les pays respectifs des mesures de lutte préventive contre les invasions en procédant :

- à la localisation et la délimitation des habitats de l'espèce et des zones d'invasion;

- à la délimitation des régions et foyers grégaires;
- à la surveillance permanente de ces régions grégaires;
- à la destruction opportunément déclenchée et convenablement réalisée des bandes repérées;
- à l'étude de la biologie et de l'écologie du criquet marocain en vue d'adopter des mesures de prévention permanente.

Chef de la Section de Lutte antiacridienne en Syrie de 1950 à 1960, puis Directeur de la Protection des Plantes de 1961 à 1964, je me suis proposé d'étudier et de résoudre le problème du criquet marocain en Syrie en délimitant surtout les régions grégaires. Cette étude est le résultat d'observations sur le terrain menées dans tout le pays. D'assez nombreux déplacements ont permis aussi d'étudier le même problème dans divers autres pays du Proche-Orient (Liban, Chypre, Palestine, Jordanie, Irak, Iran). Toutefois, c'est sur les régions grégaires de Syrie que cette étude est surtout centrée, suivie par celle du Nord de l'Irak, du fait que l'aire grégairienne mésopotamienne semble certainement concerner plusieurs pays.

Notre objectif principal était la connaissance de l'aire grégairienne de l'espèce en Syrie. Dans le présent travail, seuls ont été mentionnés et décrits les foyers ou régions grégaires qui ont été observés par nous-même en train de fonctionner. L'influence de l'Homme, déjà soulignée par d'autres auteurs, nous a paru jouer au Proche-Orient un rôle capital que nous nous sommes particulièrement attaché à mettre en évidence.

Etant donné l'absence presque complète de données sur le criquet marocain dans la région, nous avons posé *a priori* des hypothèses devant servir de guides pour résoudre le problème envisagé :

- a) identité des processus acrido-écologiques dans toute l'aire de dispersion du criquet marocain. Cette hypothèse de généralisation, partant de faits connus surtout pour l'Algérie, la Corse et Chypre que nous avions visités en 1952, devait nous permettre d'orienter les

(1) Le terme Palestine, entité géographique, a été retenu dans l'étude pour des considérations géographiques. Il couvre la région délimitée sous ce nom par le mandat britannique jusqu'en 1948.

recherches vers des homologies ou analogies se rapportant au climat, à la topographie, au sol, à la végétation et permettant la découverte rapide des lieux propices à la vie des solitaires et à la grégariation, ou concernant les types de foyers et leur mode de fonctionnement.

b) la grégariation à l'origine d'au moins une partie importante des invasions syriennes se produit en Syrie. Cette hypothèse de pluralité des points d'origine de l'invasion, rejette la conception d'unicité d'origine des invasions et vise à éloigner toute solution de facilité qui tend à confirmer que les invasions proviennent de territoires voisins, mais n'ignore pas le fait que les régions d'invasion chevauchent les frontières et que des foyers d'une même région peuvent se trouver de part et d'autre d'une même frontière.

c) multiplicité des centres et régions grégariennes en Syrie. Cette hypothèse vise à ne négliger au départ aucune des régions comprises dans l'habitat permanent de l'espèce. Si, bien entendu, ne peuvent être considérées comme régions grégariennes que celles où des foyers en fonctionnement ont pu être décelés, il est

souvent aussi intéressant de considérer les lieux où la grégariation ne se produit jamais pour mieux déterminer par différence et mieux estimer les conditions de la grégariation.

d) unicité de l'aire d'invasion jézro-mésopotamienne: les parties de cette aire qui groupe une partie de 4 pays (Syrie-Turquie-Irak-Iran) sont interdépendantes.

e) la plasticité écologique (végétation, sol, altitude) de l'espèce paraît avoir toujours été minimisée.

f) dès que la situation générale est celle dite de rémission, la lutte rationnelle est rapidement applicable en Jéziré-Mésopotamie en général et en Syrie en particulier, une fois découvertes les régions grégariennes et connus les facteurs de la grégariation. Elle demande des moyens en matériel et personnel très réduits mais possédant des qualifications particulières.

g) l'action humaine étant à l'origine des grégariations, ce que l'homme a provoqué, il est susceptible d'y porter remède en dehors même de la lutte chimique, en modifiant ses modes et méthodes de travail et particulièrement de culture et d'élevage et en trouvant les solutions adaptées à l'environnement.

CHAPITRE 1

LA RÉGION

A. APERÇU GÉOGRAPHIQUE (fig. 1 et 2).

L'immense dition comprend la Syrie, la Jordanie, la Palestine, l'Irak et le Sud-Est de la Turquie, encore qu'il n'y ait de vraie solution de continuité dans le pays à *Dociostaurus maroccanus* au niveau de la frontière irakienne orientale puisqu'elle se poursuit sur l'Iran.

Du Nord au Sud, au long du bassin oriental de la Méditerranée, le pays s'allonge sur plus de 600 km du Golfe d'Alexandrette jusqu'à la frontière d'Égypte. D'Ouest en Est, il faut compter près de 1 000 km des rivages syriens aux premières chaînes de l'Iran. Au-dessus du rivage de la Méditerranée, les terres s'élèvent en une puissante barrière montagneuse parallèle à la côte et presque ininterrompue. Au Nord, c'est le massif des Alaouites (1 500 m), le Cassius (1 776 m) et l'Amanus (1 920 m) qui va rejoindre les premières chaînes du Taurus de Cilicie. Au centre, le massif du Liban culmine à plus de 3 000 m, se prolonge vers le Sud par

les hauteurs de Galilée (1 200 m) et de Judée (1 000 m) jusqu'au massif du Sinaï (2 800 m). Cette barrière montagneuse domine une série de plaines littorales plus ou moins resserrées. Au-delà des reliefs littoraux, vers l'Est, se révèle le trait le plus original de la structure du Levant: un profond fossé, de direction Nord-Sud qui le traverse en son entier et qui est lié à l'une des failles maîtresses de l'écorce terrestre, le rift. Il se manifeste partout d'une façon saisissante par des abrupts de 1 000 et 2 000 m de dénivellation. Au Sud il est occupé par la Mer Morte dont la surface est à — 392 m. Plus au Nord il est marqué par les cours inverses du Jourdain et de l'Oronte.

Le rebord oriental du fossé est la réplique affaiblie mais puissante encore des reliefs de son flanc occidental. Au Sud les hauteurs de Jordanie se prolongent jusqu'en Arabie; au Nord les petits massifs calcaires qui bordent la vallée moyenne de l'Oronte s'étagent entre 800 et 900 m.

L'intérieur du Proche-Orient arabe est plat et aride et fait avec les autres régions méditerranéennes — et plus spécialement avec la Péninsule balkanique, la

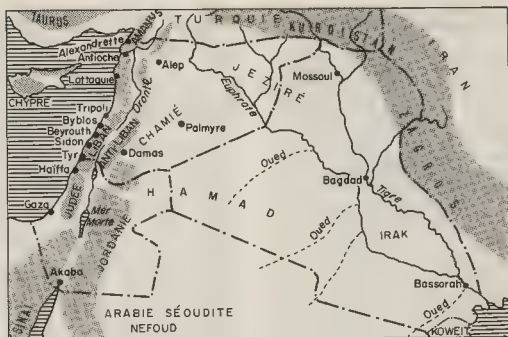


FIG. 1. — Proche-Orient et Croissant Fertile.

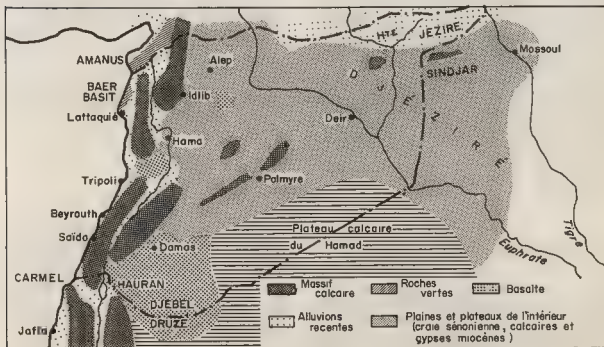


FIG. 2. — Structure et sols de la Syrie.

Turquie et aussi l'Iran — un contraste brutal. Plus de hautes chaînes plissées, de structure et de relief complexes.

Les 4/5 du Proche-Orient sont un pays tabulaire constitué de plaines et de plateaux s'inclinant insensiblement de toutes parts vers le sillon du Golfe Persique.

Au sein de ce vaste ensemble, la partie qui nous intéresse, où se sont déroulées dans le passé et où se déroulent aujourd'hui des manifestations acridiennes grégaires importantes, apparaît d'orographie simple : un grand arc de cercle montagneux rebordé intérieurement de plus subparallèles de moins en moins élevés, s'étendant des hauteurs de Galilée et de Judée et des monts libano-syriens (Liban, Anti-Liban, Dj. Ansarieh, Amanus) à l'Ouest, au Zagros à l'Est, passant au Nord par la masse taurico-kurde, qui circonscrit l'immense pays déprimé décrit plus haut. Les piedmonts des massifs susdésignés correspondent à ce qu'on appelle « Le Croissant fertile » ; au centre du Croissant fertile, occupant l'immense plaine de Haute-Mésopotamie jusqu'aux avant-monts du Taurus, se trouve la Jéziré, c'est-à-dire « l'île », située entre les deux fleuves : l'Euphrate et le Tigre.

A mesure qu'on avance vers le Sud, l'aridité s'accroît en même temps que se simplifie le relief. Quelques oasis apparaissent dont Palmyre : c'est la Chamiyé. Plus au Sud, le pays est formé par de vastes plateaux calcaires : c'est le Hamad. En contraste avec le Nord, la Basse Mésopotamie ou Bas Iraq s'ouvre entre les deux fleuves au Sud de la latitude de Baghdad, où la chaleur quasi continue fait prévaloir des conditions désormais plus subtropicales que méditerranéennes.

Notre attention portera spécialement sur l'aire jéziro-mésopotamienne du criquet marocain, ensemble non dissociable, qui englobe les principales régions grégariennes actuelles du Proche-Orient et qui comprend le corps du Croissant Fertile (Turquie, Syrie, Jéziré syrienne et irakienne) et sa corne orientale entre Tigre et Zagros en grande partie irakienne et qui n'inclut qu'une étroite bande de bas-pays iraniens entre les rivières Diala et Karkeh.

B. HYDROGRAPHIE.

Climat et relief collaborent pour faire en Syrie une place aux trois grands types classiques de l'hydrologie : l'aridité, l'endoréisme, l'exoréisme (MOUSSLY, 1951).

Le domaine aréique est le plus étendu. Il comprend toute la Syrie centrale et méridionale. Ce domaine est celui où l'indice d'aridité (de MARTONNE) est inférieur

à 5 ; il déborde même sur des régions d'indice plus élevé. L'aréisme est dû à une topographie typique et à la faible pluviosité de régions arides. Ce domaine comprend, sur la rive droite de l'Euphrate, un système de vallées mortes très larges, el Widiâne. Il est cependant traversé par une hydrographie en pleine activité constituée par l'Euphrate (650 km en Syrie et 1 200 km en Irak) et ses affluents de rive gauche, le Khabour et le Balikh.

Les régions endoréiques, unités hydrographiques indépendantes, ne forment pas un bloc compact et continu ; nous les trouvons à la périphérie de la zone aréique. Leur existence dépend des conditions structurales et climatiques. Elles sont toutes situées sur le revers interne de la ceinture montagneuse et humide qui entoure, à l'Ouest et au Nord, le « désert » syrien.

a) Eaux de Sadjour, Balikh et Khabour se jetant dans l'Euphrate ;

b) Les autres s'épuisant par la pratique de l'irrigation, les infiltrations et surtout l'évaporation avant de parvenir au grand fleuve. Exemples : le Koueik, la plaine d'Idlib, la cuvette du Rouj, le bassin de Damas (rivière Barada de 70 km, le Nahr El Awaï).

Le domaine exoréique est double. Il comprend :

a) à l'Est, le réseau de l'Euphrate et de ses affluents de rive gauche, le Balikh et le Khabour ;

b) Le Yarmouk qui draine le flanc Ouest du Dj. Druze et le Hauran vers le fossé du Jourdain ;

c) Les fleuves côtiers : les 2 Nahr el Kabir Nord et Sud, les Nahr Snobar, Marguilé, Hossein, Abrach et les deux rivières résurgentes Nahr es Senn et Nahr Banias ;

d) l'Oronte qui coule en Syrie parallèlement à la mer sur près de 60 km dans le grand fossé du Ghab qu'il draine du Sud au Nord.

C. CLIMAT ET BIOCLIMAT.

1. Températures.

Les caractéristiques de la température varient beaucoup d'une région à l'autre. Au cours de l'année, les températures augmentent, du Nord au Sud et des hautes vers les basses terres. En hiver, elles diminuent d'Ouest en Est et, en été, d'Est en Ouest. La continentalité du climat s'affirme à mesure que l'on avance vers l'Est. Celle-ci, calculée par de BRICHAMBAUT & WALLEN (1964) d'après la formule suivante :

$$C = \frac{1,3 A}{\sin Q} - 36,3$$

où C = continentalité en pourcentage.

A = valeur moyenne de l'amplitude (différence entre la température maximale moyenne du mois le plus chaud et la température minimale moyenne du mois le plus froid).

Q = latitude.

La continentalité passe de 10 à 20 % sur les côtes méditerranéennes à 50-60 % dans la plus grande partie de l'Irak (fig. 3).

Du point de vue de la température, les zones semi-arides de la Jordanie et du Sud-Ouest de la Syrie ont un climat moins continental que des régions analogues du Nord de la Syrie; les températures hivernales sont plus élevées (+ 3 à + 7 °C) dans les régions méridionales que dans les régions septentrionales (-1 à + 3 °C). En allant d'Ouest en Est, dans le Nord de la Syrie, bien que les températures minimales moyennes hivernales demeurent plus élevées (-1 à + 3 °C), comme les températures estivales augmentent proportionnellement davantage, il s'ensuit un accroissement progressif du degré de continentalité. Dans les plaines de l'Irak, les températures estivales très élevées sont à l'origine de l'intensification ininterrompue de la continentalité car même les températures hivernales sont de nouveau considérablement plus élevées dans cette région.

Dans la région des steppes de la plus grande partie de la Jordanie-Syrie-Irak (fig. 4), on observe des températures hivernales assez basses (-1 à + 4 °C). Celles de la plaine irakienne sont relativement élevées (+ 3 à + 7 °C).

Des gelées se produisent fréquemment dans la plus

grande partie des zones arides et semi-arides de Jordanie et Syrie, ainsi que dans la partie de l'Irak située le plus au Nord. On observe également des jours de gelée dans une bande le long du Zagros occidental. Dans le Nord de la Syrie et dans la région des steppes, la période où des gelées sont possibles s'étend du 15 décembre au 15 février.

Les températures estivales dans la région sont généralement élevées. Le mois le plus chaud est généralement juillet alors que c'est août sur la côte. Les moyennes mensuelles sont partout dans l'intérieur supérieures à 28 °C. Elles sont plus fortes vers le Sud et vers les plaines basses: Mossoul et Basra ont des moyennes de 35° et 36°, des maxima moyens (juillet) de 43 à 44°. Elles diminuent un peu dans les montagnes de la Jordanie et du Liban (Moy. max. juillet 32 °C à Irbid). Elles ne sont nulle part inférieures à 26° même sur les stations côtières (août, Beyrouth 27°4). Mais l'amplitude est bien moindre que dans l'intérieur: de 12,2° à Beyrouth en août, elle est de 23° à Alep et en Mésopotamie. Les minima ont beaucoup moins d'écart (21,1 et 19,4 en août). Dans le désert de Syrie, juillet a des minima absolus de 11 à 12°, des maxima absolus de 46 à 47°. Tandis que dans l'intérieur, c'est en été que les amplitudes diurnes sont les plus fortes, c'est le contraire sur la côte.

La figure 5 indique les températures moyennes annuelles de la Syrie. Elle montre que tout le Sud-Est du pays, au-delà de Palmyre et de Deir ez Zor connaît une température annuelle supérieure à 20 °C. Le reste du pays a une moyenne comprise entre 15 et 20

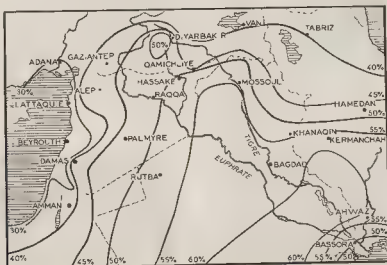


FIG. 3. — Continentalité en pourcentage au Proche-Orient.

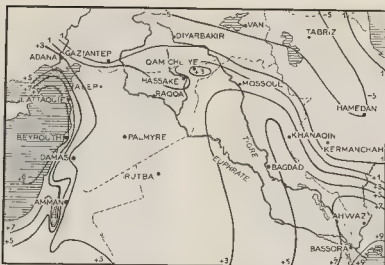


FIG. 4. Température minimum moyenne du mois le plus froid (janvier) en °C

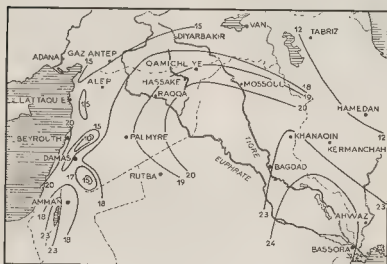


FIG. 5. — Températures moyennes annuelles

(Homs 17, Damas 17,7, Alep 17,8, Lattaquié 19). Seules les montagnes au-dessus de 1 000 m ont une température moyenne annuelle inférieure à 15.

2. Régime de circulation atmosphérique et précipitations.

La région a un climat du type dit « méditerranéen », caractérisé par des températures subtropicales et un régime typique de pluies hivernales (automne, hiver

et printemps astronomiques) de jours courts. Ce climat est dû essentiellement à la latitude et à la circulation générale de l'atmosphère (centres d'action anti-cyclones et fronts), mais il est modifié par les conditions topographiques et la continentalité. En ce qui concerne les précipitations, le Proche-Orient présente une assez grande homogénéité. Pendant la saison hivernale, elle subit l'influence des courants d'Ouest des latitudes moyennes, les pluies sont apportées par des cyclones

formés dans l'Atlantique ou dans la mer Méditerranée. Ces dépressions itinérantes (cyclones) appartiennent à deux types différents :

a) elles peuvent être associées à des ondes peu prononcées qui se déplacent rapidement d'Ouest à l'Est;

b) ou associées aux thalwegs froids d'altitude, cyclones à peu près stationnaires se déplaçant lentement au-dessus du Proche-Orient, donnant lieu à des pluies considérables au-dessus des parties occidentales et septentrionales du Liban, de la Syrie, de la Jordanie et devenant quasi stationnaires au-dessus de la région des steppes.

Des masses d'air humide et chaud sont attirées du Golfe Persique au-dessus des plaines irakiennes provoquant un accroissement des précipitations au-dessus du Nord de l'Irak. Comme les pluies dépressionnaires du premier type sont le plus souvent à maximum hivernal et celles du deuxième type au printemps (pluies cycloniques du type khamsin), les zones situées plus au Nord et plus à l'Est de la région reçoivent une plus grande quantité de pluie tard dans la saison.

En avril-mai, la circulation en altitude au-dessus de la région commence à subir l'influence de la cellule de hautes pressions subtropicales. Le courant-jet subtropical passe au-dessus du Nord de la Jordanie et du Sud de la Syrie à la mi-avril, se déplaçant vers le Nord de la Syrie et le Sud de la Turquie vers le milieu de mai. En conséquence, la saison des pluies prend fin plus tôt en Jordanie et dans les autres parties méridionales de la région.

Enfin, des précipitations de forte intensité ont lieu lorsqu'un thalweg en altitude est associé aux cyclones. Dans les régions montagneuses du Liban, de la Syrie, de la Jordanie ainsi que dans le Zagros, les intensités maximales sont atteintes vers le milieu de l'hiver à la suite de la présence d'un thalweg froid en altitude, alors que la convection maximale semble se produire au printemps dans la région des steppes et sur le haut plateau iranien.

3. Vents.

La région connaît surtout des vents du secteur Ouest. Les trajectoires septentrionales divergent vers la Syrie et l'Irak et paraissent les plus fréquentes au début de l'hiver. De Syrie et de l'Irak les trajectoires obliques souvent vers l'Arménie. Les trajectoires méridionales longent le Nord de l'Égypte, la Palestine, l'Irak. Elles sont fréquentes surtout au printemps mais elles s'orientent aussi en Irak vers le Nord-Est et même vers le Nord. Les vents de l'Ouest sont pluvieux en hiver et rafraîchissants en été.

On enregistre aussi des vents secs de l'Est et du Sud-Est et des vents hivernaux du Nord.

Aux changements de saison, surtout de la fin de l'hiver au début de l'été, les dépressions se propagent d'Ouest en Est en Méditerranée, se soudent avec des dépressions venues d'Abyssinie; les vents s'orientent alors du Sud-Ouest au Nord-Est. Quand les dépressions sont alimentées par un fort courant d'air polaire, des vents du Sud, chauds et secs, deviennent violents et sont célèbres sous le nom de khamsin ou chloul.

En été, de la fin mai à la fin septembre, les masses d'air peuvent être d'origines variées, tropicale ou polaire; elles peuvent être issues du prolongement européen de l'anti-cyclone des Açores; elles sont toujours d'origine continentale.

4. Hygrométrie.

a) L'humidité est constante même au cœur de l'été sur le littoral et les versants occidentaux des massifs côtiers. Les mois les plus pauvres en précipitations enregistrent le plus fort degré hygrométrique; de juin à septembre, l'humidité relative à Beyrouth-Lattaquié ne descend pas au-dessous de 70 % de moyenne.

b) A l'intérieur, l'humidité relative ne dépasse 50 % que pendant la saison hivernale. A partir de janvier, où elle atteint 80 %, elle s'abaisse très rapidement jusqu'à 30-40 % en juillet.

Pendant les temps de « khamsin », le degré hygrométrique descend en quelques heures de 60 % - 70 % à 2 %.

5. Pluviométrie (fig. 6).

Associée à la circulation générale, la répartition des précipitations au-dessus de la région est également très étroitement liée aux conditions orographiques, les chaînes montagneuses à l'Ouest jouant un rôle important dans la pauvreté des précipitations dans la région des steppes et dans le centre et le Sud de l'Irak.

Les précipitations sont concentrées entre octobre-novembre et avril-mai. Le maximum des précipitations annuelles dans les zones arides et semi-arides est observé dans les montagnes de la Jordanie (Irbid, 490 mm), aux confins des montagnes de Turquie (Qamechliyé, 440 mm) et dans le Zagros (Kermanschah, 725 mm). Le minimum est constaté dans les steppes de la Jordanie (station H 5, 90 mm), de la Syrie (Palmyre, 150 mm) et de l'Irak (Rutba, 120 mm).

L'irrégularité des pluies est bien connue. Des différences considérables sont relevées d'une année à l'autre dans toute la zone considérée (tableau I).

Cette variabilité du total pluviométrique annuel est en fait l'expression des fluctuations de l'importance des précipitations au cours des mois pluvieux. Ainsi à Lattaquié on enregistrerait 426 mm en décembre 1934 contre 3 mm seulement en décembre 1932. De la même façon, à Homs le total des pluies de mars et avril passait de 96 mm en 1929 à 0,5 mm en 1930 et à 89 mm en 1931.

Ces variations interannuelles affectent différemment les diverses localités. Ainsi en 1945, année à pluviométrie normale, les précipitations enregistrées en février à Idlib, Hama, Tartous, Kuneitra, Deraa et Damas, représentent respectivement 29, 39, 40, 41, 43 et 50 % de la pluviométrie de l'année.

Ces irrégularités sont soulignées par le fait que des précipitations journalières considérables sont parfois constatées (Qalamoun : 100 mm en quelques heures en octobre 1937; Damas : 74 mm en une matinée de février 1945, soit 50 % de la pluviométrie moyenne annuelle; Massiaf : 200 mm en 24 heures en janvier 1968).

Les caractéristiques de la répartition annuelle des précipitations se résument comme suit :

- les précipitations sont distribuées entre octobre et mai, négligeables au cours des autres mois de l'année;

- la saison des pluies régulières commence plus tôt (25 octobre) dans la partie située le plus au Nord de la région; un peu plus tard (15 novembre) dans les parties méridionales (parties semi-arides de Jordanie et Zagros méridional) et le plus tard dans les zones arides de Jordanie et d'Irak;

- dans l'intérieur, une année ou plusieurs années successives peuvent être sèches en une région alors que, dans la région voisine, la plus est relativement abondante;

- les années de maxima et de minima ne sont du reste pas les mêmes d'une station à l'autre;

- en Jordanie et dans l'Ouest de la Syrie, les précipitations atteignent leur maximum en décembre-janvier, ou en janvier-février, mais dans l'Est de la Syrie et dans le Nord de l'Irak, elles sont à leur maximum en janvier-mars. Dans les zones arides de la région, elles sont très irrégulièrement réparties pendant toute la saison humide;

- la saison des pluies prend fin vers le 10 avril en Jordanie et dans le Sud-Ouest de la Syrie; fin avril dans l'Ouest de la Syrie; et 10 mai dans l'Est de la Syrie et dans le Nord de l'Irak.

6. Neige.

Il neige annuellement sur le Massif des Alaouites, Liban, Anti-Liban et dans le Qalamoun, mais la neige

persiste rarement plus de deux à trois semaines sur les Alaouites et le Qalamoun. Toutefois elle est importante en Turquie sur le Taurus et les Hauts-Plateaux, d'où prennent naissance les deux grands fleuves pérennes de la région, l'Euphrate et le Tigre.

Des neiges tombent exceptionnellement dans diverses autres parties du Proche-Orient mais elles ne persistent que peu de jours. Les dernières en date ont couvert le 17 et le 26 décembre 1971 presque toute la Syrie, y compris la steppe.

7. Rosée.

Le phénomène de la rosée, fréquent dans de nombreuses régions arides, est partout connu en Syrie. Son importance est particulièrement significative de février à avril en Jéziré.

8. Zones bioclimatiques.

Parmi les méthodes d'étude des climats et de leurs rapports avec la végétation, nous retenons celles qui sont centrées sur les problèmes caractéristiques du climat aride.

a) L'indice de De Martonne.

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

P = total des pluies annuelles,

T = température moyenne annuelle.

Cet indice d'aridité est supérieur à 25 sur le littoral, supérieur à 40 sur les montagnes de l'Ouest, égal à 10-15 dans les régions steppiques de transition, inférieur à 10 dans la steppe désertique et même inférieur à 5 dans le Hamad

b) L'évapotranspiration potentielle annuelle (ETP) de PENMAN atteint son maximum (1 800 à 2 000 mm) dans le centre et dans le sud de l'Irak. Dans les autres parties du Proche-Orient, les valeurs oscillent entre 1 200 et 1 400 mm, la partie inférieure de cette gamme se trouvant dans le « Croissant fertile », la partie supérieure se trouvant en Jordanie et dans la partie semi-aride du centre de l'Irak. D'une manière générale, l'ETP augmente du Nord au Sud et de l'Ouest à l'Est; dans le premier cas, parce que le rayonnement incident augmente à mesure que la latitude diminue et, dans le second cas, parce qu'en général la « continentalité » et la sécheresse des masses d'air augmentent d'Ouest en Est.

c) Le quotient pluviométrique d'Emberger.

$$Q = \frac{100 P}{(M + m)(M - m)}$$

P = moyenne annuelle des précipitations;

M = moyenne des maxima de température du mois le plus chaud,

m = moyenne des maxima de température du mois le plus froid.

Son application en Syrie par MANSOUR (1963) a conduit à y délimiter les 4 zones méditerranéennes : humide, semi-humide, semi-aride, aride.

9. Carte bioclimatique du Proche-Orient (fig. 8).

L'étude de l'UNESCO/FAO pour la zone méditerranéenne (1963) nous a semblé la plus conforme au but

de notre étude car elle prend en considération les principaux facteurs influant sur la végétation, c'est-à-dire :

- la température;
- les précipitations et le nombre de jours de pluie;
- l'humidité atmosphérique, le brouillard et la rosée.

Les zones bioclimatiques de la carte sont délimitées en termes de données ombrothermiques et d'indices xérothermiques (x) d'EMBERGER et GAUSSEN (in UNESCO-FAO 1963). Cet indice, destiné à caractériser globalement la durée et l'intensité de la sécheresse, est défini comme le nombre de jours considérés comme biologiquement secs. Il est calculé en fonction du nombre de jours sans précipitations et il tient compte de l'humidité relative de l'air.

Les climats chauds et tempérés chauds ayant des saisons sèches de 1 à 8 mois sont considérés comme méditerranéens si les saisons sèches coïncident avec la période de plus longue luminosité journalière. Comme

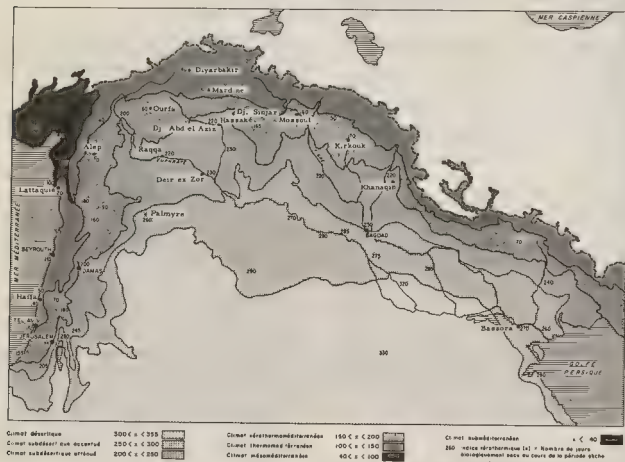


Fig. 8. — Carte bio-climatique du Proche-Orient.

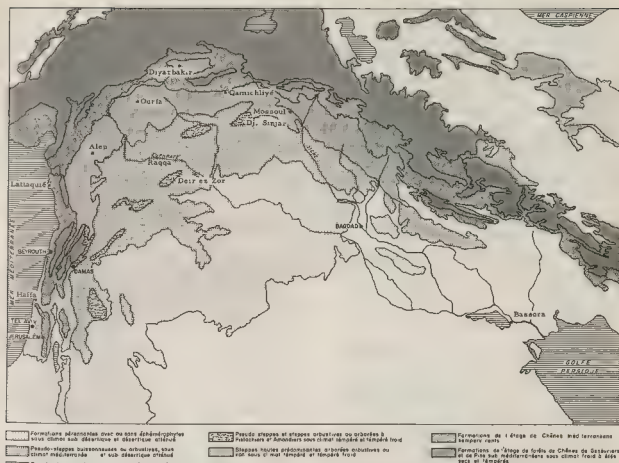


FIG. 9 — Formations des étages et des zones de végétation au Proche-Orient.

indiqué sur la carte, les climats méditerranéens sont subdivisés selon les valeurs de x :

- xérothermo-méditerranéen, i.e. sec et chaud : $x = 150$ à 200 ;
- thermo-méditerranéen accentué avec une longue saison sèche : $x = 125$ à 150 ;
- thermo-méditerranéen atténué avec une saison sèche plus courte : $x = 100$ à 125 ;
- mésoméditerranéen accentué avec une longue saison sèche : $x = 75$ à 100 ;
- mésoméditerranéen atténué avec une saison sèche plus courte : $x = 40$ à 75 ;
- sous-méditerranéen; climat de transition : $x = 0$ à 40 .

La distribution de ces climats dans la région et ses environs, tous entrant dans la catégorie des climats

chauds et tempérés chauds, est la suivante :

- a) Au Sud de la Turquie, le long de la frontière syrienne et dans les plaines d'Ourfa, le climat est xérothermoméditerranéen. Diyarbakir, bien qu'appartenant au climat méditerranéen, peut être sujet au gel avec des moyennes de températures minimales au-dessous de zéro pour la saison la plus froide;
- b) A Chypre, le climat est sec et xérothermoméditerranéen presque partout, excepté sur les hauteurs du Sud-Ouest où il est thermoméditerranéen;
- c) Au Proche-Orient, la partie la plus arrosée se trouve autour du Golfe d'Alexandrette et du Dj. Ansarié (chaud mésoméditerranéen);
 - le long de la bande côtière, de Lattaquié à Jaffa, le climat est thermo-méditerranéen;
 - de Gaza, vers le Nord, existe, à l'Est des massifs côtiers, une ceinture de climat xérothermoméditerranéen

plus ou moins parallèle à la ligne côtière, englobant Jérusalem, Damas, Homs, Alep et Ourfa;

— la frontière du « désert » rejoint la côte au Sud de la Péninsule du Sinaï, s'approche du littoral méditerranéen, englobe la Mer Morte, borde les hauts plateaux jordaniens, atteint au Nord le Sud de Palmyre, s'infléchit plus ou moins le long du 32° parallèle en Irak jusqu'à Diwaniya et le Lac Khammar.

d) En Irak, au pied des monts du Kurdistan, dans les régions du Haut Tigre et de Suleimaniya, le climat est thermo-méditerranéen accentué. Vient immédiatement au Sud une zone assez large au climat plus sec xérothermo-méditerranéen, qui englobe Mossoul et Kirkuk et suit la frontière iranienne jusqu'aux environs de Zorbatiya. Tout le reste du pays est défini comme aride avec des températures d'été particulièrement élevées à partir de Mossoul vers le Sud.

Le long du Tigre moyen et de la vallée de l'Euphrate, jusqu'au Golfe Persique, le climat est subdésertique atténué.

10. Conclusions sur le bioclimat.

Le climat au Proche-Orient est du type méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs (xérothermique), des hivers relativement doux et des pluies de saison fraîche, avec des maxima (absolu et relatif) respectivement hivernal et printanier. Toutefois, le climat méditerranéen propre (mésoméditerranéen chaud) ne se trouve que le long d'une étroite bande côtière. Plus on s'éloigne de la mer, plus les caractéristiques xéothermiques du climat se modifient : au Sud et au Sud-Est (température et sécheresse plus accusées); au Nord-Est, froids hivernaux plus sensibles (steppes) et au Nord, climat tempéré (piémonts et chaînes montagneuses).

D. VÉGÉTATION.

Nous traiterons ici de la végétation potentielle, telle qu'elle serait sans l'intervention de l'homme et des animaux domestiques. Nous suivrons donc l'étude UNESCO/FAO (1967) d'EMBERGER et GAUSSEN qui considère dans cette optique, la valeur écologique des groupements végétaux, laquelle permet, beaucoup mieux que la végétation dans son état actuel, des comparaisons entre régions plus ou moins différentes.

La figure 9 représente schématiquement la végétation au Proche-Orient. La notion de climax est

évidemment d'application difficile pour les steppes et pseudosteppes, formations profondément dégradées par l'homme depuis des millénaires, plus encore que les forêts. La majorité des régions à climax forestier sont actuellement plus ou moins dépourvues de végétation ligneuse; la carte indique pour leur climax une forêt clairsemée actuellement dégradée en steppe.

Dans les développements qui vont suivre, le terme étage sera réservé aux ensembles végétaux individualisables aux diverses altitudes des flancs de montagne; le terme zone aux plaines.

1. Généralités.

Le Liban et toute la côte vers le Sud présentent des reliefs monotones, surtout élevés dans le Nord. La dégradation de leur végétation méditerranéenne par l'homme est très ancienne et les lambeaux de forêts qui y persistent sont minuscules. A part quelques cèdres, des genévriers en général les seules plantes arborescentes des montagnes.

Vers le Sud, dans la profonde vallée du Jourdain et de la mer Morte, à forte chaleur et grande sécheresse, les parties élevées plus tempérées portent une végétation un peu plus fournie.

Alors que dans les régions littorales et sublittorales, la végétation méditerranéenne a été remplacée en partie par les cultures, dans l'intérieur la steppe subdésertique est restée utilisée pour le pâturage.

Le pourtour Nord de la péninsule Arabique est une zone cultivée : le Croissant fertile.

Le Croissant fertile pénètre vers le Sud-Est de l'Anatolie en Turquie. Les chaînes méridionales, élevées dans le Taurus, sont célèbres par leurs forêts mixtes à cèdres (*Cedrus libani*, var. *anatolica*) et sapins (*Abies cilicica*).

Les bassins du Tigre et de l'Euphrate sont subdésertiques dans leurs parties moyennes, même en aval, où les irrigations ont cependant permis les cultures

La région de piémont du Zagros s'étend du Golfe Persique à l'Arménie. Elle est de végétation très variée. L'altitude aidant, la steppe s'y transforme en

forêts claires de genévriers et souvent en forêts de chênes, aux arbres abusivement émondés par l'homme.

Dans sa partie septentrionale où elle borde le Croissant fertile, on y retrouve, avec le climat méditerranéen subdésertique atténué, une pseudosteppe buissonneuse ou arbustive.

2. Les diverses formations végétales.

Elles reflètent le climat, facteur essentiel dans l'ensemble des facteurs du milieu.

a) Steppes subdésertiques :

Sous climats subdésertiques accentués et désertiques chauds, tempérés chauds et tempérés se trouvent des formations d'arbustes, de buissons, de sous-arbrisseaux succulents, de graminées cespitueuses (thérophytes).

1) Formations sous climats subdésertiques accentués. — Mésopotamie : steppe à *Artemisia herba-alba*, *Anabasis haussknechtii*.

2) Formations à tendance méditerranéenne. — En Syrie, Mésopotamie, ce sont les steppes à *Artemisia herba-alba*, *Haloxylon articulatum*, *Carex stenophylla*, *Salsola vermiculata*, *Noaea mucronata*, *Peganum harmala*, *Stipa tortilis*, *Poa sinaica*; dans les dépressions, formations à *Zygophyllum dumosum*, *Salsola tetrandra*, *Chenolea arabica*.

b) Steppes et pseudo-steppes :

Sous climats méditerranéens et subdésertiques atténués se trouvent les formations suivantes :

1) Pseudosteppes buissonneuses ou arbustives, sous-climats tempérés chauds : Piémont Ouest du Zagros.

2) Pseudosteppes buissonneuses ou arbustives, sous climats tempérés Zagros iranien : pseudosteppes à *Artemisia herba-alba*, *Haloxylon salicornicum*, *Zygophyllum*, *Anabasis*, *Noaea mucronata*, *Pistacia*, *Amygdalus*.

Bordure Sud du Croissant fertile : dans les parties

les plus arides *Artemisia herba-alba*, *Anabasis aphylla*; dans les parties les moins arides, la végétation naturelle a été détruite par les activités humaines (agriculture et pâturage), depuis des siècles. Végétation actuelle : *Hordeum bulbosum*, *Cousinia* spp., *Dactylis hispanica*, etc.

3) Pseudosteppes arbustives ou arborées et forêts claires, sous climats moins secs : Proche-Orient (région littorale), mer Morte, Sud-Ouest du Zagros, Croissant fertile : steppes à *Pistacia atlantica*, *Zizyphus lotus* et buissons de *Juniperus excelsa*; Liban : *Quercus aegilops*.

4) Steppes hautes prédominantes, arborées, arbustives ou non, sous climats tempérés et tempérés froids : Croissant fertile : steppes plus ou moins arborées à *Andropogon*, *Dactylis*, *Pistacia*, *Zizyphus lotus*, et buissons de *Juniperus excelsa* et *Quercus persica*. Anatolie : steppes à *Peganum harmala*, *Salicornia*, *Artemisia*.

c) Forêts :

Sous climats tempérés et tempérés froids se trouvent les formations suivantes :

1) Formations de l'étage des chênes méditerranéens sempervirents :

— Croissant fertile : forêts de chênes et dégradations, *Quercus persica* dans le Sud et tout le Zagros, *Quercus infectoria* jusque dans le Nord, *Quercus libani* au Kurdistan, *Pistacia mutica*, *Pyrus syriaca*, *Fraxinus syriaca*, *Amygdalus*, *Hordeum bulbosum*, *Poa bulbosa*, *Aegilops* et quelques *Stipa* et *Agropyron*.

— Rivage du Proche-Orient : forêt, maquis, *Quercus calliprinos*, *Q. infectoria*, *Pistacia palaestina*, *Juniperus phoenicea*.

2) Formations de l'étage des chênes méditerranéens sempervirents orientaux :

Liban : piémonts à *Q. infectoria*.

— Sous climats froids à été secs et tempérés : les étages supérieurs se trouvent au Zagros (Iran) et au Liban (chênes et genévriers) pour arriver aux formations de l'étage des sapins et des cèdres;

Liban : *Cedrus libani*.

TABLEAU II
Données bioclimatiques et végétation potentielle
de quelques stations de référence.

(Station)	Altitude (m)	Pluviométrie annuelle (mm)	T_{mf}	x	Type climatique	Végétation
Turaif	-	95	2	300	Désertique	
Deir Alla	- 224	289	10,0	280	Sub-désertique accentué	Formations pérennantes avec ou sans éphémérophytes
Rutba	615	129	1,9	280		
Abou Kemal	-	125	1,6	260		
Palmyre	404	152	2,6	260		
Bagdad	32	151	4,5	250		
Amman	821	300	3,8	245	Sub-désertique atténué	Pseudosteppes buissonneuses ou arbustives
Deir-ez-Zor	204	148	1,9	230		
Khanagin	201	325	4,3	220		
Hassaké	300	268	0,3	220		
Raqqa	251	188	2	220		
Deraa	500	276	3,2	220		
Mafrq	695	173	2,1	220		
Nebek	1300	150	1,5	200		
Damas	719	220	2,4	200		
Jérusalem	757	452	5,2	175		Etage de chênes sempervirents
Nablous	-	505	6	175		
Balad Sijnar	576	400	0,2	165		Pseudosteppes et steppes arbustives à Pistacia
J. Abd El Aziz	920	260	0,3	165		
Hama	316	358	3,7	175	Xérothermo-méditerranéen	Steppes hautes prédominantes, arborées, arbustives ou non.
Kirkouk	330	377	4,6	170		
Qamichliyé	467	430	3,2	160		
Mossoul	223	389	2,2	160		
Harrane	-	420	1,0	160		
Ourfa	547	445	0,5	160		
Alep	392	364	1,9	160		
Homs	-	342	3,3	160		
Arbil	414	444	1,1	150		
Jaffa-Tel Aviv	20	556	8,5	150	Thermo-méditerranéen	Pseudosteppes arbustives ou arborées et forêts claires
Haifa	11	587	8,7	140		
Diyarbakur	653	479	- 3,1	140		Steppes hautes prédominantes
Beirouth	20	890	10,5	145		Etage de chênes sempervirents.
Gaziantep	840	550	- 1,4	140		
Mardine	1150	686	0,1	130		
Lattaquié	50	900	8,8	100		
Antioche	-	900	4,0	90		
Adana	25	900	3,0	90		
Maraash	-	850	- 2,0	60	Mesoméditerranéen	Etage de chênes et pins subméditerranéens
Iskenderon	15	980	3,0	40		

T_{mf} = température moyenne du mois le plus froid

x = indice xérothermique.

Syrie : *Q. cerris*, *Cedrus libani*; steppes à *Astragalus*, *Acantholimon*, *Rhus oxyacanthoides*, *Moringa peregrina*.

3. Végétation et Bioclimat.

Le climat est le facteur essentiel (latitude, continentalité, altitude) dans la distribution des formations végétales, mais dans la comparaison des cartes bioclimatiques (fig. 8) et de végétation (fig. 9) son action est masquée par celle désertifiante de l'homme.

Dans le « désert » de Syrie, les conditions climatiques sont assez uniformes et les influences de la nature du sol et de la morphologie deviennent dominantes.

En Syrie et dans le reste du Croissant fertile, le processus de désertification du fait de l'homme a causé l'expansion de la végétation d'aspect désertique dans des régions qui pourtant appartiennent au domaine climatique des steppes méditerranéennes.

Sous les climats moins rigoureusement secs de la région, l'action de l'homme et de ses troupeaux a été tellement importante que l'état actuel de la végétation ne correspond plus que de très loin aux conditions climatiques; la végétation potentielle y serait une forêt claire ou une savane arborée

Le climat xéothermique crée dans l'année deux périodes de repos de la végétation particulièrement nettes dans la steppe : l'une en hiver où pendant un mois au moins la température moyenne descend au-dessous de 0 °C; l'autre en été, à cause, plus de la grande sécheresse que des températures élevées. Ici, malgré une certaine importance de la moyenne annuelle des précipitations, c'est la longueur de la période de sécheresse (x entre 200 et 300) qui constitue le principal facteur limitant de la végétation.

La végétation méditerranéenne se trouve dans une zone caractérisée par un hiver où la moyenne du mois le plus froid varie entre 0 et 15 °C, un été sec et prolongé, l'indice xéothermique ne dépassant pas 200.

Dans la région, le Croissant fertile apparaît de façon remarquable sur les deux cartes. La limite méridionale correspond à la courbe $x = 150$ vers les régions les plus chaudes, sa limite septentrionale correspond à l'apparition des mois de gel vers les régions les plus froides. Au Sud-Est de Jérusalem, son extrémité se trouve à peu près sur la courbe 200.

Le tableau II résume les données bioclimatiques et les formations végétales de quelques stations de référence de la région.

CHAPITRE 2

L'INSECTE

A. CARACTÈRES DE *Dociostaurus maroccanus* THUNB.

Il est inutile d'insister sur la théorie des phases définie par UVAROV (1921). Cependant, il est bon de rappeler les différents caractères impliqués dans les modifications phasaires. Ce sont :

- caractères physiologiques qui varient les premiers et sont à la base de toutes les autres variations;
- caractères éthologiques (comportement) qui

suivent rapidement les changements physiologiques initiaux;

- caractères chromatiques;
- caractères morphologiques.

Les principales distinctions entre les phases existant à l'intérieur d'une espèce donnée sont celles des phases extrêmes : solitaires et grégaires. Le vocabulaire utilisé en Acridologie est déjà assez complexe; il est soit mal adapté, soit mal utilisé. Celui introduit par UVAROV et ZOLOTAREVSKY (1929) mentionne les

termes solitaria-gregaria-transiens : parmi ces derniers on distingue congregans et dissocians.

Considérant les modifications subies par les différentes catégories de caractères, il est préférable d'utiliser le vocabulaire suivant défini par PASQUIER (1952, 1956) :

Solitaire et grégaire, pour le comportement.

Solitariforme et grégairiforme, pour la morphologie.

Solitaricolore et grégairicolore, pour la couleur.

A partir de ce vocabulaire analytique, il est utile d'envisager un vocabulaire synthétique.

Seront dénommés solitaires les individus à la fois de comportement, de forme et de coloration propres aux solitaires typiques de l'espèce; réciproquement seront appelés grégariens les individus à la fois de comportement, de forme et de coloration propres aux grégaires typiques. Les intermédiaires seront dénommés congrégiers ou dégrégiers.

La transformation de solitaires en grégaires sera appelée grégarisation; la dégrégarisation signifiera le retour des grégaires à l'état solitaire.

Ces deux processus sont essentiellement d'ordres physiologique et éthologique, accessoirement chro-

matique et morphologique; beaucoup d'auteurs ont commis de graves fautes en considérant les couleurs et les formes comme permettant de déterminer seules le comportement ou les phases.

Caractères chromatiques.

L'étude comparative des échantillons provenant de l'ensemble de la zone de distribution du Criquet marocain a confirmé l'intérêt de la corrélation existant entre les taches fémorales des aillés et leur état phasaire (PASQUIER *in litt.*). Leur considération constitue le moyen le plus sûr, le plus décisif et le plus facile pour reconnaître et différencier les individus de divers statuts (fig. 10).

Chez l'aillé solitaricolore, dans les deux sexes, les 3 taches chevauchant la carène supérieure des fémurs postérieurs sont nettes, foncées et rebordées de noir, notamment la tache proximale (TF₁). Ces taches sont floues et moins pigmentées chez les grégairicolores. La variation la plus importante concerne TF₁ qui se réduit chez ces derniers à un simple point ou même parfois disparaît complètement. Sa disparition se précise au fur et à mesure que s'intensifie la grégarisation.

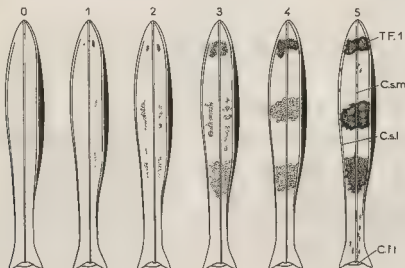


FIG. 10. — Taches fémorales proximales du criquet marocain selon l'échelle de PASQUIER (i. l.)
0-1, grégariens; 2-4, transiens; 5, solitaires.

Ceci a permis d'établir la gradation suivante de la tache fémorale proximale :

Note

- TF_1 absente ou douteusement visible 0
- TF_1 se présentant comme deux petites taches, bien séparées par la carène supéro-médiane, l'extérieure presque ponctuelle, l'intérieure linéaire ou fusiforme 1
- TF_1 formée de deux taches assez développées, nettement séparées, tant de la carène supéro-médiane que des carènes supéro-latérales 2
- TF_1 formée de deux taches assez bien développées, subégales, tendant à se rejoindre sur la carène supéro-médiane mais n'atteignant pas les carènes supéro-latérales 3
- TF_1 formée de deux taches presque entièrement coalescentes, ou d'une seule tache couvrant la carène supéro-médiane, atteignant les carènes supéro-latérales; taches non ou à peine rebordées d'un liseré plus foncé que le centre . 4
- TF_1 unique, bien développée atteignant ou débordant les carènes supéro-latérales, le plus souvent très nettement rebordée par un liseré foncé. 5

alors qu'elles font entièrement défaut en ce qui concerne les solitaires.

Les dates d'éclosion de 1931 sont dans leur ensemble plus précoces que celles des éclosions de 1930 dans les régions syro-irakiennes, l'écart maximal dépassant un mois. Si l'on compare les données obtenues en Iraq à Kout et Suleimaniya ainsi qu'en Jordanie, on constate un grand écart dû à la température printanière et liée à l'altitude des diverses stations (tableau III).

TABLEAU III

Corrélation entre l'altitude des stations, la température en février-mars et la date d'éclosion du Criquet marocain

	Altitude	Températures moyennes		Date d'éclosion des oeufs
		février	mars	
Vallée du Jourdain	— 250 m	15,7	17,5	février
Kout (Iraq)	50 m	13,2	17,2	début mars
Suleimaniya (Iraq)	860 m	8,1	12,0	mi-avril

B. EVOLUTION DE L'INSECTE.

Dociostaurus maroccanus, espèce gregariapte univoltine, est caractérisée par la brièveté de la partie épigée du cycle (2 à 3 mois) et par une diapause embryonnaire prolongée, l'œuf restant dans le sol pendant plus de 9 mois. La ponte a lieu généralement en mai et l'éclosion au mois de mars de l'année suivante

Les particularités biologiques du Criquet marocain peuvent être considérées comme une excellente adaptation de l'espèce aux climats arides et aux végétations steppiques qui n'offrent aux larves et aux ailes une nourriture acceptable que pendant une période printanière très brève. Ceci montre aussi l'importance des facteurs climatiques dans la limitation des populations de *D. maroccanus*.

Des données relativement nombreuses sur les dates de ponte et d'éclosion sont disponibles (tableau IV). Cependant ces données concernent uniquement les gregariens ou insectes de statut phasé très voisin,

En ce qui concerne l'échelonnement des éclosions, on relève en certaines stations des durées d'éclosion qui peuvent s'étendre sur 30 jours et davantage (Tel Afar et Sinjar, 1931). En 1929, dans la région de Raqqa, une éclosion commencée en mars s'est interrompue pendant une semaine par suite d'un brusque abaissement de la température. De même, une vague de froid qui a sévi au printemps 1949 sur l'ensemble de la région Nord syrienne et irakienne a gravement perturbé les éclosions et la vitalité des néonates; elle a pratiquement mis fin à l'invasion en cours

Comme le montre le tableau IV, la mue imaginale se produit généralement dans la première semaine de mai. L'élévation très rapide des températures qui se trouve amorcée dès la fin avril dans la totalité de la région tend à uniformiser la date d'apparition des ailes bien que l'altitude et la végétation contribuent à maintenir une certaine hétérogénéité (ainsi les ailes apparaissent en mars-avril dans la vallée du Jourdain, c'est-à-dire avec 40-60 jours d'avance par rapport à l'aire jéziro-mésopotamienne).

TABLEAU IV
Dates comparatives de ponte, d'éclosion et de mue
imaginale en Jordanie, Syrie, Turquie, Irak
entre 1930 et 1955

	Station	Latit. nord.	Alt.	x	début éclosion	mue imaginale	début des pontes	fin des pontes
1930	Deir-ez-Zor (Syrie)	3520	200	230	25 mars	7 mai	22 mai	fin juin
	Mardane (Turquie)	3719	1150	130	24 mars	fin mai début juin		
	Ourfa (Turquie)	3708	547	160	27 mars	7 mai	25 mai	fin juin
1931	Euphrate (Syrie)	3530	200	230	14 mars			
	Jérablous (Syrie)	3700	350	200	17 mars			
	Jéziré (Syrie)	3630	300	220	22/3-15/4			
	Ourfa (Turquie)	3708	547	160	28 mars			
	Mardine (Turquie)	3719	1150	130	18/3-4/4			
	Kout (Irak)	3230	50	285	4 mars			
	Khanaqin (Irak)	3422	201	220	7-20 mars			
	Chergat et							
	Choura Mossoul (Irak)	3620	220	160	9/3-9/4			
	Tel Afar et Sinjar (Irak)	3621	380	165	20/3-22/4			
	Irbil (Irak)	3612	370	150	14/3-4/4			
	Batas (Irbil, Irak)	3612	370	150	27 mars			
	Kirkouk (Irak)	3528	331	170	12-30 mars			
1946	Suleimaniyé (Irak)	3532	860	140	15-30 avril			
	Vallée du Jourdain	3152	—	250	280	mars-avril		
	N. Deir-ez-Zor (Syrie)	3520	200	230	28/3-5/4	5 mai	15 mai	
	Nord de Syrie	3703	355	220	1 ^{re} avril	7 mai	22 mai	
	Vallée du Jourdain (Jéricho)	3152	—	250	280	mars-avril		
1954	Raqqa (Syrie)		252	220	25 mars	5 mai	16 mai	
1955	Raqqa (Syrie)		252	220	25 mars	27 avril	6 mai	

(X = indice xéothermique)

Dans les diverses régions, la deuxième quinzaine de mai correspond au début de la période d'oviposition en masse. La fin de la période de ponte se situe généralement au cours de la première moitié de juillet dans l'aire d'invasion jézéro-mésopotamienne.

C. PARASITES, PRÉDATEURS ET CONCURRENTS.

Le Criquet marocain est attaqué par un nombre considérable d'ennemis dont l'importance varie selon les habitats. Le tableau V indique les insectes ennemis des œufs et des stades post-embryonnaires de l'espèce signalés dans les diverses zones de répartition.

1. Ennemis des œufs.

Comme *D. maroccanus* passe la plus grande partie de l'année à l'état d'œuf, on conçoit l'importance que peuvent présenter ses ennemis naturels au cours de ce stade parmi lesquels des Coléoptères, Diptères et des Vertébrés jouent un rôle notable.

a) *Trichodes laminatus* CHEVR. (Col. Cleridae).

Ce Coléoptère a été signalé comme prédateur des œufs en Irak par JACKSON (1926), ROOKE (1930) et BODENHEIMER (1944). Nous l'avons vu aussi dans les coques ovigères en Jéziré syrienne (avril 1953) et à Khanaqin, Irak (février 1951).

L'émergence des adultes est presque synchronisée avec l'apparition des jeunes ailés de *Dociostaurus*. WATERSTON (1951) et MERTON (1959) ont remarqué que les *Trichodes* adultes (et aussi quelques Bombyliides) sont vivement attirés par les fleurs de *Teucrium polium*.

TABLEAU V
Insectes ennemis du Criquet marocain
dans son aire totale de répartition
(d'après GREATHEAD, 1963)

	Ennemis naturels			Ennemis naturels	
	des oeufs	des larves et adultes		des oeufs	des larves et adultes
ORTHOPTERA			HYMENOPTERA		
* <i>Decticus</i> spp.		x	* <i>Myrmecocystis viaticus</i> F.		x
* <i>D. albifrons</i> F.		x	<i>Sphex</i> spp		x
<i>D. verrucivorus</i> L.		x	<i>S. poludus</i> ROSSI		x
* <i>Platycleis</i> sp.		x	* <i>S. (Priononyx) subfuscatus</i> DAHL.		x
* <i>Saga natoluae</i> SERV.		x	<i>Tachytes</i> sp.		x
* <i>S. serrata</i> F.-W.		x			
* <i>S. syriaca</i> LUCAS		x	COLEOPTERA		
* <i>Tettigonia</i> sp.		x	<i>Trichodes</i> sp.		x
<i>T. albifrons</i> F.		x	* <i>T. amnios</i> F.		x
* <i>Empusa fasciata</i> BRULLE		x	<i>T. flavocincta</i> SPIN		x
* <i>Rivetina fasciata</i> THUMB.		x	* <i>T. laminatus</i> CHEVR.		x
NEUROPTERA			* <i>T. laminatus cypricus</i> REITT.		■
* <i>Palpares libelluloides</i> RAMB.		x	<i>T. ? spectabilis</i> KRAUSS		x
DIPTERA			<i>T. ? turkestanicus</i> KRAUSS		x
<i>Chrysopilus nubeculus</i> FALLEN	x	x	<i>T. umbellatarum</i> OLIV.		x
<i>Promachus leontochlaenus</i> LOEW		■	* <i>Apontanodes globosus</i> REICHE		x
<i>Stenopogon porcus</i> LOEW		x	<i>Ocnere</i> sp.		■
<i>Anastoechus nitidulus</i> F.	x		<i>Epicauta erythrocephala</i> PALLAS		x
<i>A. oophagus</i> PAR.	x		<i>Mylabris</i> spp.		x
<i>Callostoma desertorum</i> LOEW	x		<i>Mylabris arata</i> PALLAS		x
* <i>C. fascipennis</i> MACQ.	x		<i>M. beckeri</i> ESCH.		x
<i>Cytherea fenestratula</i> LOEW	x		<i>M. calida</i> PALLAS		x
<i>C. infuscata</i> MEIGEN	x		<i>M. cincta</i> OLIV.		x
<i>C. obscura</i> F.	x		<i>M. decempunctata</i> F.		x
<i>Exoprosopa</i> spp.	x		<i>M. deserti</i> SEMEN		x
* <i>Spogostylum isis</i> MEIGEN	x		<i>M. floralis</i> PALLAS		x
* <i>Systoechus autumnalis</i> PALLAS	x		<i>M. frolovi</i> GERM.		x
<i>S. gradatus</i> WIED.	x		<i>M. fusca</i> OLIV.		x
<i>S. sulphureus</i> MIKAN	x		<i>M. hieracii</i> GRAELLIS.		x
* <i>Thyrindanthrax</i> sp.	x		* <i>M. madoni</i> MARS.		x
<i>T. fenestratus</i> FALLEN	x		<i>M. magnoguttata</i> HEYD		x
* <i>T. pullidipennis</i> PAR.	x		<i>M. scabiosae scabiosae</i> OLIV		x
* <i>Volucella bombylans</i> L.	x		<i>M. schreibersi</i> REICHE		x
* <i>Blaesoxipha filipevi</i> ROND.		x	<i>M. silbermanni</i> CHEVR.		■
<i>B. grisea</i> MEIGEN		x	<i>M. tekkensis</i> HEYD.		x
<i>B. laticornis</i> MEIGEN		x	<i>M. variabilis</i> PALLAS		■
* <i>B. lineata</i> FALLEN		x	<i>M. zebrae</i> MARS.		x
<i>B. paoli</i> VILL.		x			
<i>B. unguata</i> PAND.		x			
* <i>Sarcophaga offuscata</i> MEIGEN		x			
* <i>Acemylia acuticornis</i> MEIGEN		x			
* <i>Hylemia ciliatura</i> ROND.		x			
* signalé au Proche-Orient.					

(Labiées) et par celles d'*Eryngium creticum* (Ombellifères). Ces fleurs retiendraient les prédateurs sur place jusqu'à ce que les criquets commencent à pondre. Les *Trichodes* attaquent principalement les œufs de *Dociostaurus* et rarement ceux d'autres espèces. Les femelles pondent dans les fissures du sol. Les larves éclosent et entrent dans les coques ovigères récemment déposées. Elles dévorent les œufs et ménagent une niche à la base de la coque dans laquelle elles restent en diapause jusqu'à l'année suivante. Plusieurs larves peuvent être trouvées dans une même coque au début de l'été mais une seule survit. Dans l'aire d'invasion mésopotamienne, un pourcentage de 90 % de prédatisation a été signalé mais il faut alors incriminer non seulement *Trichodes* mais plusieurs prédateurs. D'autre part le pourcentage de prédatisation diffère énormément d'un lieu à un autre dans une même localité.

b) *Systoechus automnalis* PALL. (Dipt. Bombyliidae).

En l'hiver 1953-1954, cette mouche détruisait 40 % des œufs à Mia Milca (Chypre). L'étude de DEMPSTER (1957) suggère que le pourcentage des coques ovigères attaquées par les larves de *Systoechus* dépendait du nombre de coques de l'année précédente.

Systoechus a été signalé aussi en Russie sur d'autres Orthoptères y compris *Locusta migratoria*.

A Chypre, les adultes apparaissent à 2 périodes : mai-juin au moment où *D. maroccanus* dépose ses œufs et septembre-octobre. Il semble, d'après MERTON (1959) que les deux émergences d'adultes de *Systoechus* proviennent de la même population de larves et qu'elles constitueraient une seule émergence continue si le temps extrêmement chaud et sec entre juin et septembre ne s'y opposait pas. Il est probable que seuls les milieux les plus humides permettent l'existence d'adultes en mai-juin.

Contrairement au cas des *Trichodes*, plusieurs larves de *Systoechus* bien développées peuvent se trouver dans une même coque. Quand une même coque est simultanément attaquée par *Trichodes* et *Systoechus*, c'est *Trichodes* qui survit.

A Khanaqin (Irak) en février 1951 un lot de 149 coques a été examiné. 86 coques étaient saines et 63 infestées, contenant 198 larves prédatrices. Outre le décompte par espèce ces chiffres corroborent les possibilités de l'infestation multiple par *Systoechus*.

c) D'autres animaux attaquent aussi les œufs de *Dociostaurus maroccanus* dans la région :

Dans la steppe, *Jaculus loftusi* BLANFORD, mammifère rongeur (*Dipodidae*) appelé localement « Jerboa », la gerboise syrienne fouille le sol pour déterrer les œufs et les dévorer. Un oiseau, *Cursorius cursor*

L. (anciennement *C. gallicus gallicus* GMELIN), le « Tatwa » ou Court-vite isabelle est résident en Jéziré. Il se reproduit au printemps et se nourrit d'œufs de *D. maroccanus* (et aussi de larves).

Après les premières pluies d'automne, *Sturnus vulgaris* L., l'étourneau ordinaire, recherche aussi pour s'en nourrir les œufs de *D. maroccanus* mais son efficacité comme ophage est plus faible encore que celle des deux espèces précédentes.

2. Ennemis des larves.

Les larves sont attaquées par de nombreuses espèces d'oiseaux dont la Cigogne blanche, localement « hajlaglag », *Ciconia ciconia ciconia* L.; l'Alouette huppée ou Cochevis, *Galerida cristata magna* HUME; l'Étourneau, *Sturnus vulgaris vulgaris* L.; les Corneilles, *Corvus cornix capellanus* CL.; mais l'oiseau larvivore acridophage par excellence est le Martin rose, l'Étourneau des sauterelles, le « Samarmad », *Pastor roseus* L., petit migrateur qu'on rencontre dans toute la région (Syrie, Turquie, Irak, Iran), mais seulement d'une façon assez irrégulière. Là où passent ses vols disparaissent pratiquement les bandes de criquets. Sa voracité est remarquable de sorte qu'il est partout connu ici comme l'ennemi principal des sauterelles. Il nous a été donné de voir, en 1954, d'épaisses nuées de samarmads s'abattre sur des bandes de *D. maroccanus* de 2^e stade dans la région de Raqqa et les éliminer en une seule journée sans toutefois que ceci influe de façon décisive sur la situation acridienne dans la région, d'autres bandes étant restées hors de leurs attaques.

D'autres oiseaux attaquent les adultes de *Dociostaurus*, surtout au moment de l'oviposition, tels les Corbeaux, le Milan noir *Milvus migrans migrans* BODD., le Vautour égyptien ou Charognard, *Neophron percnopterus percnopterus* L., et une Buse, probablement *Buteo ferox* GMEL.

Solifuges (agreb er rih), *Scorpions* (agreb) et *Saga syriaca* (Orthoptères) animaux Arthropodes, sont également des prédateurs actifs de larves et d'ailés de *D. maroccanus*.

3. Remarques sur parasitisme et prédatisation.

Il ne peut être question pour le moment d'envisager l'utilisation d'aucun des ennemis cités ci-dessus pour les opposer aux sauterelles en général et à *Dociostaurus* en particulier, dans le cadre de la lutte biologique.

Toutes ces espèces, bien qu'exerçant parfois une action non négligeable dans la limitation naturelle et l'équilibre biologique dans l'aire de dispersion de *D.*

maroccanus, n'ont qu'un rôle limité ou occasionnel; c'est seulement en de très rares circonstances qu'elles parviennent à réduire de façon satisfaisante le nombre des criquets.

4. Concurrents.

a) Dans tous les habitats du criquet marocain décrits dans le chapitre 3, le Mouton est le principal concurrent alimentaire des larves et des ailés pour leur nourriture commune : la végétation herbacée. Spécialement dans les régions steppiques marginales, la végétation commence à pousser à l'époque de l'éclosion larvaire et à disparaître à l'époque des pontes; c'est aussi la seule période favorable au pâturage. Cette concurrence est d'autant plus importante que les pâturages sont plus réduits et plus dégradés. Parallèlement, le piétinement des troupeaux de moutons influe en permanence sur le comportement des larves et des ailés en provoquant leur dispersion. Dans les conditions actuelles de surcharge du pâturage syrien au cours de la courte période de printemps, ce facteur devient de plus en plus important.

b) L'homme est à l'origine du problème du criquet marocain; par ses actions diverses, il a créé les conditions favorables à la grégarisation. Inversement en étendant l'Agriculture sur de vastes superficies aux dépens des habitats de l'insecte, il a limité en de maintes occasions et pour de longues années les possibilités de reproduction de l'espèce. Son action a même souvent abouti à la disparition définitive de cette dernière en plusieurs régions.

D. LES INVASIONS.

Le Proche-Orient, plus précisément le Croissant Fertile, connaît depuis toujours le fléau des sauterelles. LANDESBERGER (in BODENHEIMER, 1944) cite 24 noms différents d'Orthoptères sumériens lesquels comprennent certainement plusieurs mots se rapportant à *D. maroccanus*. Les acridiens apparaissent fréquemment dans les représentations artistiques des anciennes époques babylonienne et assyrienne, cachets à timbres, poignard en or, figurines en plomb, inscriptions, libelles de prières, etc., ce qui montre l'ancienneté du rôle économique important qu'ont posé les sauterelles au Proche-Orient. Bien que les invasions et les dégâts dus aux criquets pèlerin et

marocain ont souvent lieu aux mêmes époques et sur les mêmes lieux, le rôle particulier du criquet marocain est maintenant très bien connu au cours d'invasions étendues et prolongées, sévères et même catastrophiques. Espèce autochtone, se développant au cœur même de la région, contrairement au criquet pèlerin qui y arrive de l'extérieur à intervalles plus ou moins irréguliers, le criquet marocain a toujours menacé les cultures et les pâturages des divers pays considérés; ainsi en Jéziré par exemple, les céréales d'hiver étaient aléatoires et les cultures d'été limitées. Dans le passé récent, en 1925, en Irak, il infestait 17 000 ha, surface relativement faible, mais les dommages causés aux céréales (blé et orge) dans les départements de Mossoul et d'Arbil étaient estimés à 70 % de la récolte; il s'ensuivit une élévation fantastique du prix des grains qui devaient être acheminés de Bagdad et une famine localisée temporaire (ROOKE, 1930). Des calamités semblables ont autrefois atteint diverses régions de Jordanie, Turquie, Iran et Syrie (2 346 ha de cultures détruites en 1931) à un moment où les moyens de communication étaient rudimentaires et l'Agriculture du type familial.

1. Historique des invasions.

Généralités.

Il n'est pas facile de reconstituer de façon précise l'histoire même des dernières périodes d'invasion au Proche-Orient, tant du point de vue chronologique que de celui, plus instructif, des localisations de leurs premières manifestations, pour les raisons suivantes :

— Des services nationaux antiacridiens n'ont jamais existé dans les pays de la région avant 1920-1925;

— Les services agricoles créés ne s'occupèrent de la lutte antiacridienne que lorsque les manifestations grégaires avaient déjà atteint les zones cultivées;

— L'insécurité sociale dans les régions steppiques, les faibles moyens de transport disponibles, les méthodes rudimentaires de destruction (labour des

champs de ponte, barrage de tôles de zinc, appâts humides empoisonnés à l'arséniate de soude) tenaient la lutte en dehors des zones cultivées une affaire risquée, pénible, coûteuse et non appréciée par les nomades;

— Les superficies infestées figurant dans les renseignements publiés pour la période 1920-1934 ne représentent qu'une partie des superficies réellement infestées : travail forcé, refus du renseignement, crainte justifiée des éleveurs pour leur bétail en raison de la toxicité des appâts;

— Les renseignements de superficie tirés des travaux de destruction des œufs par labour sont eux-mêmes sujets à caution. Avant l'introduction des tracteurs, comme au cours de l'invasion 1925-1934, les labours des terres infestées ne pouvaient être entrepris au-delà de quelques kilomètres des villages. Au cours de l'invasion 1940-1948 (période caractérisée par l'extension explosive de l'Agriculture liée à l'introduction des tracteurs), nos recherches ont

démontré que la spéculation a joué un rôle tel qu'il est peu de confiance à accorder aux renseignements relatifs aux surfaces de ponte labourées. Dans la Jéziré nouvellement explorée où terre labourée équivalait à terre conquise, les surfaces réellement infestées étaient nettement inférieures à celles officiellement rapportées;

— Les nombreux défauts de la signalisation administrative dus à la sous-administration, à l'incompétence ou à l'incompréhension des fonctionnaires en cause ont amené soit à ignorer l'existence d'infestations, par exemple, celle de Qalamoun (Deir Atiyé à 100 km au Nord de Damas) en 1927 (cf. p. 282), soit à déclarer des infestations factices, par exemple, celle de Soukhné à 60 km au Nord-Est de Palmyre signalée en 1929 qu'on a reconnue comme étant parfaitement fantaisiste;

— le manque de moyens des organismes nationaux ou internationaux chargés de la signalisation a amené de grosses perturbations dans l'obtention

« SECONDARY LOCALITIES » DE BALAMIR (1952).

1. Hatay 3612-3610
2. Murs 3734-3654
3. Gaziantep 3704-3721
4. Ourfa 3708-3845
5. Harran 3651-3901
6. Viranşehir 3713-3945
7. Kiziltepe 3712 4036
8. Mardine 3719-4043

« RÉSERVATIONS » DE BALAMIR (1952)

9. Hassa 3648-3630
10. Islahiye 3702-3637

STATIONS A SOLITARIENS DE SKAF.

11. Shaubak 3032-3531
12. Taffila 3052-3536
- 13-14. Vallée du Jourdain 3151-3527 / 3212-3537
- 15-16-17. Hauteurs Jérusalem 3147-3513 / Nablous 3213-3516
18. Jarash 3217-3554
19. Est de Mafraq 3219-3627
20. Ramtha 3234-3600
21. Qalamoun oriental 3407-3650
22. Mts. Ansariyeh 3522-3610
23. Zerd 3640-3940
- 24-25-26. Bir el Zaid, El Khazne, El Gharra, Tell Moghr, El Jafr, El Badia, El Karan 3630-4000
- 27-28. Kneizir, Kseibi, Oum Madfaa 3615-4020
- 29-30-31. El Radd (Abou Khedrafa, Abou Chery, Sultan Tlou) 3640-4140
33. Oum Dibaa, Abou Noursour, Jghedine 3615-4140.
34. Hakakis 3628-4132
35. Tel Afar 3622-4227
36. Adaya 3610 4246

37. Teyniyé 3608-4248
38. Kasret Cheikh Joma'a 3557-3900
39. El Hammam 3552-3844
40. Safsafé 3550-3835
41. Bir Kreidi - Akeirché 3552-3850
42. Hamra Naser 3552-3905
43. Kaakaji 3610-3850
44. Abou Wahl 3610 3910
45. Ghabit-Haraniya 3620-3825.
46. Douliq Mghar, Bir Alayane 3623-3839
46. Bir Guenno
- 47-48-49. El Hawass (Hraibché, Mezilé, Dachaghuyé) 3552-3925

50. Hjaifate-Hjaif ez Zarrab 3541-4010
51. Margada 3544-4048
52. J. Mauza-Bir Moajjen 3549-4039
53. Bir Hawach, Moazzer 3558-4040

RÉGIONS GRÉGARIENNES DE SKAF.

54. Vallée du Jourdain 3207-3530
55. Est de Mafraq 3219-3627
56. Qalamoun oriental 3407-3650
57. Kherbet Hadla 3617-3830
58. El awass 3552-3925
59. El Hamman 3552-3844
60. Hakakis 3628 4132
61. Tell Hayal 3615 4140
62. Addaya-Oum Tiniyé 3610-4246

« RÉSERVATIONS » D'UVAROV (1933).

- 63-64. Tella de Ker Hassar, Kherbet Topou 3650-4115
65. Tel Afar 3622-4227
- 66-67. Zarga Zarou 3600-4345
- 68-69. Chekirge Ziarat 3510-4450
- 70-71. N. et NE de Khanagin 3423-4523

sieurs provinces de Cisjordanie et de Transjordanie : Nablous, Jérusalem, Ramallah, Galilée, Tafiléh, Chobak, Jerash, Ramtha, Mafrak.

b) En *Syrie*, on a noté deux grandes périodes d'invasions : 1927-1933 et 1940-1948. Au cours de la première, les surfaces infestées ont atteint 8 200 ha en 1930, 32 575 ha en 1931, 82 000 ha en 1932.

La deuxième période a commencé en 1940 avec 630 ha de champs de ponte pour atteindre 288 400 ha en 1947. En 1948, l'oviposition concerna seulement 9 000 ha mais le froid exceptionnel qui a sévi au printemps 1949 a détruit les néonates

La découverte par l'auteur en 1953 des régions grégarigènes en cours de fonctionnement dans le département de Raqqa a permis, dès 1954 et 1955, de juguler une nouvelle invasion avant son expansion. Il a suffi de traiter quelques milliers d'hectares pour aboutir à ce résultat. C'était la première application fructueuse de la lutte rationnelle au Proche-Orient et peut-être la dernière des campagnes extensives contre les pullulations grégaires de l'espèce en Syrie.

c) En *Turquie du Sud-Est*, deux périodes d'invasion se sont également développées depuis 1929. Les surfaces infestées ont été de 12 000 ha en 1930; 37 800 ha en 1931; 43 000 ha en 1932; cela principalement dans les départements d'Ourfa et de Mardine et, à une moindre échelle, dans celui de Gaziantep.

d) En *Irak*, on dispose de détails à partir de l'année 1920 au cours de laquelle la majorité des sauterelles signalées sont localisées dans la région de Mossoul. L'invasion se poursuit les années suivantes et s'étend vers le Nord et le Nord-Est atteignant la province d'Arbil (1925), Kirkouk, Diale et Baghdad (1926); en 1927, elle couvre 88 000 ha. Les surfaces attaquées présentent ensuite des fluctuations de 20 000 à 90 000 hectares chaque année. Une autre invasion se développe à partir de 1940; 406 000 ha sont infestés en 1948, puis seulement 3 000 ha en 1949, cette brutale récession étant liée à la vague de froid tardive qui a sévi sur l'ensemble du Bassin méditerranéen.

En conclusion, les invasions dans les divers pays du Proche-Orient ont une durée très variable et ne débutent pas simultanément dans les divers pays

Alors qu'aucun départ grégaire n'a eu lieu en Turquie, Jordanie et Syrie depuis 1954-1955 jusqu'à ce jour, en mai 1969, 3 essais originaires de Khanaqin (Irak) ont envahi le Sud-Ouest de l'Iran, et, en 1970, des bandes grégaires nécessitaient des mesures de lutte dans la région du Mehran et du Dehloran dans le Sud-Ouest de l'Iran.

2. Unicité de l'aire d'invasion Jézéro-mésopotamienne.

L'historique des invasions ci-dessus rapportée, bien que très incomplète, montre cependant qu'en 1930 et 1931, en 1944-1948 ensuite, Syrie, Turquie, Irak étaient dans le même temps sous le coup d'invasions et que, vers 1949, peut-être même jusqu'en 1950, des grégaires étaient encore en Iran au Mehran, alors que venait seulement de se terminer la période d'invasion en Syrie et dans le Nord de l'Irak. Des renseignements sur la situation en Irak permettraient de mieux juger de celle alors générale dans l'aire jézéro-mésopotamienne entière à cette époque. Leur défaut ne peut toutefois empêcher d'admettre comme démontrée la possibilité d'une concomitance prolongée de l'état d'invasion dans les différentes parties de cette aire au moins au plein des manifestations grégaires. Ceci a d'ailleurs été prouvé au cours des deux principales invasions 1927-1934 et 1942-1947, des essais ayant été échangés entre Syrie et Irak et aussi entre Turquie et Syrie. La pluralité des points d'origine de l'invasion, suggérée par une série d'observations effectuées à partir de 1920 (ROOKE, 1930; ATALLA et HASSIBI, 1931) est maintenant corroborée par la délimitation des régions grégarigènes (SKAF, 1953); ainsi peut être définitivement rejetée l'ancienne conception, l'unicité d'origine des invasions. Le déroulement des événements éloigne aussi toute idée de simultanéité générale de l'entrée en fonction des foyers des diverses régions grégariennes que l'aire renferme.

Cependant le problème des possibilités d'extension de l'invasion à partir de l'une ou l'autre de ces

régions grégariques reste entier; les échanges inter-territoriaux impliquent ainsi une interdépendance entre les quatre pays couvrant l'aire jéziro-mésopotamienne (Syrie, Turquie, Irak, Iran).

De nombreux documents administratifs font état au cours de la période 1942-1947, de l'envahissement du Sud-Est de la Turquie par des essaims de jeunes ailés (néogones) provenant du Nord de la Syrie, et relatent l'arrivée en Jéziré syrienne d'essaims provenant du Nord de l'Irak.

Bien que les essaims de *Doclostaurus* n'accomplissent normalement que des déplacements relativement

courts (de l'ordre de quelques dizaines de km), l'invasion est susceptible de s'étendre de plusieurs centaines de kilomètres en quelques années, suivant notamment le sens des vents dominants.

On est alors tenu de considérer comme la plus hautement probable l'hypothèse de l'interdépendance de l'aire jéziro-mésopotamienne. En conséquence, une collaboration étroite entre les quatre nations intéressées s'avère indispensable pour la solution du problème de *Doclostaurus maroccanus* dans la région.

CHAPITRE 3

AIRES D'HABITAT DE *D. MAROCCANUS* AU PROCHE-ORIENT

Nous distinguerons entre :

- l'aire d'habitat de *D. maroccanus* solitaire qui est l'aire d'habitat permanent ou l'aire de distribution normale de l'espèce,
- et l'aire de dispersion du grégarien qui couvre des zones beaucoup plus vastes et dans lesquelles le solitaire ne peut pas toujours vivre

A. MASSIF DES ALAOUTITES (DJ. ANSARIYÉ), fig. 12.

1. Aperçu géographique et climatique.

C'est une chaîne située dans le Nord-Ouest de la Syrie qui forme un horst orienté Nord-Sud parallèlement à la côte. Longue de 120 km, large de 20 km, elle culmine aux environs de 1 500 m (Nabi Matta à l'Est de Lattaquié) au-dessus de la vallée du Ghab (fossé tectonique), s'abaisse doucement vers la mer, puis s'efface en flexure devant de basses collines néogènes et des plaines côtières quaternaires.

Du fait de sa position Nord-Sud et parallèle à la côte, cette chaîne constitue une puissante barrière arrêtant les vents humides de l'Ouest qui abandonnent

leur humidité sur la côte et sur le versant Ouest, le plus arrosé de Syrie.

Le littoral et la montagne sont soumis au climat thermo-méditerranéen atténué ($x = 100$ à 125); avec l'altitude, la pluviométrie augmente et la température s'abaisse : ainsi les précipitations observées à 1 100 m atteignent 1 200 mm soit 1,3 fois celles du littoral près de Lattaquié (837 mm) tandis que les températures enregistrées dans la station la plus élevée sont inférieures en moyenne de 6 °C à celles de la côte.

L'habitat permanent des solitaires dans la montagne des Alaouites est limité à de rares stations formées surtout de cuvettes perméables de quelques hectares, situées vers le sommet de la montagne à des altitudes allant de 960 mètres (Smakté et Rband) à 1 320 m (Mont Jaafar Tayar), à l'Est de Jebel (30 km au Sud de Lattaquié). La figure 14, p. 278 montre la cuvette de Smakté où *D. maroccanus* arrive à se reproduire en grand nombre certaines années (1955 à 1957) et à détruire les maigres cultures de la station.

2. Sols et végétation.

Ces dépressions ou cuvettes à sols sableux auraient

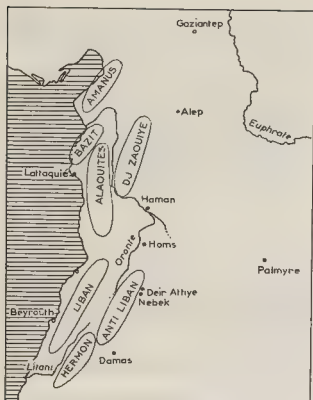


FIG. 12. — Liban et Syrie occidentale.

pour origine le processus suivant (BURDON, in litt. 1957) :

Les montagnes des Alaouites constituent un noyau de calcaires jurassiques supérieurs recouvert sans concordance par des niveaux crétacés. Le Crétacé inférieur est absent

L'Aptien qui comporte ici essentiellement des grès à grains de quartz, est ferrugineux par endroits. Des argiles vertes avec des brèches de calcaires existent également ainsi que des basaltes sous-marins. Ceux-ci sont recouverts par des calcaires de l'Albien qui apparaissent parfois au travers des calcaires du Crétacé supérieur.

Les calcaires ont été en partie dissous et cette érosion chimique a gagné en profondeur les grès de l'Aptien. Les calcaires éliminés ont laissé les grès exposés sur une surface plus grande.

A l'intérieur des cuvettes dont les superficies varient de 10 ha (Rband) à 20 ha (Smakté), et dont les sols sont argilo-calcaires, les formations de grès sableux, très perméables, de développement très limité, constituent ou bien des plages de quelques ares peu surélevées par rapport à la plaine comme à Rband, ou de petits monticules de quelques ares de superficie comme à Smakté. C'est sur ces terrains sableux que *D. maroccanus* est établi, dépose ses œufs et se reproduit.

La végétation des cuvettes.

Les plages en monticules sableux, trop sèches, ne sont pas cultivées. Leur végétation, très maigre, comporte : *Lolium perenne*, *Salium sclarea*, *Cichorium pumilum*, *Onobrychis montana*.

La formation végétale climacique des cuvettes qui devrait être la même que celle des forêts de chênes environnantes à *Quercus cerridis*, *Quercus infectoria* et *Quercus calliprinos*, a été détruite depuis longtemps, les cuvettes ayant été défrichées par les montagnards pour faire place à des cultures d'hiver et d'été, et servir de station de pacage pour les troupeaux. La dégradation de la forêt a été accélérée entre 1920 et 1955 en raison de l'extension de la production du tabac fumigé, et du fait que, bien protégé contre le vent et le froid, l'abri de ces sites encourageait les fellahs à élever un nombre croissant de chèvres et de moutons.

L'extension des cultures dans les cuvettes est variable et les terres sont souvent abandonnées plusieurs années de suite. Le sol est de type argileux brun forestier riche en matière organique. *D. maroccanus* ne peut s'y reproduire mais les espèces végétales suivantes s'y trouvent en abondance : *Festuca laevis*, *Trifolium arvense*, *Cichorium pumilum*.

Le pourtour des cuvettes constitue un maquis sur sol argileux à encroûtement calcaire ou dolomitique, où prédominent *Quercus calliprinos*, *Q. infectoria*, *Cerasus mahaleb*, *Arbutus andrachne*, *Rhamnus alaternus*, *Styrax officinalis*, *Pistacia palaestina* et *lentiscus*, *Cistus villosus*, *Myrtus communis*, *Poterium spinosum*.

Malgré la présence d'une strate herbacée variée ce maquis est impropre à l'installation et à la persistance de *D. maroccanus*.

3. *D. maroccanus* solitarium.

La reproduction de l'insecte dans ces stations complexes est assurée uniquement sur les monticules et niveaux sableux (fig. 15, p. 00). Généralement, sur ces stations, les solitaires sont en densité très faible. Toutefois, à Smakté, des densités importantes observées de 1955 à 1957 sont en rapport avec l'abandon des cultures autour des sables, la station s'étant alors comportée comme foyer infragrégari-gène (PASQUIER & al., 1952), les larves des derniers stades de *D. maroccanus* ayant formé des bandes se déplaçant de façon coordonnée et remontant les sentiers au travers des garrigues environnantes. Ces larves et les aîlés qui en sont issus se dégrègent et dégrègent tôt, si bien que les adultes n'essaient jamais et se dispersent dans la forêt.

Au sommet du mont Jaafar Tayar (1 320 mm), sur quelques dizaines de mètres carrés de sol dénudé, de rares individus se retrouvent d'année en année. Là aussi l'influence de l'homme est en cause : sur cette cime se trouve un site religieux très fréquenté des Alaouites : le tombeau du Sheikh Jaafar Tayar. Le sol y est piétiné par les pèlerins et la pelouse sur-pâturée par le menu bétail qu'ils y amènent; *Poa bulbosa* et *Astragalus emarginatus* s'y montrent en coussinets. Cet exemple de création et d'entretien de station à *D. maroccanus* par la fréquentation humaine se retrouve en d'autres pays : en France, par exemple, à la Sainte Baume (Bouches-du-Rhône) où un pèlerinage est également en cause (DELMAS & RAMBIER, 1951).

Les caractéristiques de différentes stations de *D. maroccanus* solitarium qui viennent d'être décrites rappellent celles d'autres habitats de *D. maroccanus* connus par ailleurs :

- sur la chaîne Kabyle du Djurdjura (Algérie), à 1 600 m d'altitude environ;
- sur le grand Atlas marocain, plateau du Ya-gour, au Sud de Marrakech vers 2 200 m (R. PASQUIER et Ch. RUNGS);

- sur l'Elbourz, au col de Gadouk (Iran) vers 2 300 m d'altitude (R. PASQUIER);
- au col de la Vaccia (Corse), vers 1 200 m.

Dans toutes ces régions à haute pluviométrie, des terrains sableux perméables issus de grès créent un milieu sec et pâturé au sein d'un environnement beaucoup plus humide.

Hors des régions montagneuses, un contraste stationnel analogue se trouve en d'autres pays. Au Sud de la Hongrie (près de la rivière Tisa) et au Banat (Nord de la Yougoslavie), dans des plaines alluviales au sol très argileux et humide, défavorable au criquet marocain, celui-ci trouve habitat sur des monticules et plages sableuses qui émergent; elles ont été décrites par BUKUROV (in ADAMOVIC, 1959). En Iran dans la plaine subltorale du Sud-Est de la Caspienne (Nord de Behchar) sur des milliers d'hectares, le criquet marocain trouve habitat dans la végétation xérophile qui se développe en sol perméable sur d'insignifiants reliefs dont l'altitude relative par rapport au plan d'eau normal n'est que de quelques dizaines de centimètres (R. PASQUIER in litt.). On retrouve des habitats très semblables au Nord de la Camargue (France).

B. JORDANIE

1. Aperçus géographique et climatique (fig. 13).

a) Vallée moyenne du Jourdan.

Le climat, du type xérothermoméditerranéen ($x = 180$) au Nord et subdésertique au Sud ($x = 280$) est caractérisé par des hivers tièdes, des étés chauds, des pluies généralement inférieures à 300 mm et une humidité de l'air relativement élevée pendant toute l'année. Le quotient d'EMBERGER varie entre 20 et 50. La moyenne des températures minimales du mois le plus froid (janvier) varie entre $+ 7^{\circ}$ et $+ 11^{\circ}$ C. La moyenne (M) des températures maximales du mois le plus chaud (août) varie entre 34 et 40° C ($M = 39,2$ à Deir Alla). Des gelées, très exceptionnelles, se produisent seulement dans le Nord de la vallée. L'élévation des températures au printemps est rapide (environ 4° par mois pour les moyennes). Les précipitations moyennes sont d'environ 100 mm à Jéricho; elles dépassent 350 mm dans le Nord de la vallée. La saison estivale (grand été) qui commence au début du mois de février dure plus de 330 jours. Les températures maximales journalières s'élèvent au-dessus de 35° pendant près de 140 jours.

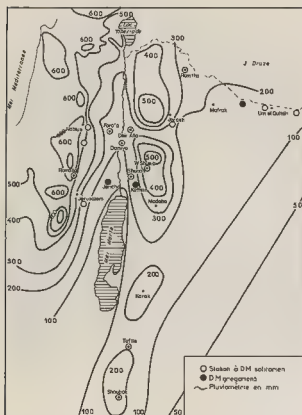


FIG. 13. — Pluviométrie annuelle moyenne en Jordanie.

La valeur de l'humidité relative moyenne diurne est inférieure à 50 % durant 7 mois.

b) Jordanie orientale et occidentale.

Le climat s'échelonne entre le type xérothermoméditerranéen ($x = 150$ à 200) et le type subdésertique atténué ($x = 200$ à 250). Dans le premier, au niveau de la mer, les quotients d'EMBERGER oscillent entre 10 et 30; températures minimales de janvier entre 3° et 7°C . La zone semi-aride se situe sur les rives Est et Ouest du Jourdain à des altitudes s'échelonnant de 400 à 900 m dans le Nord de la Jordanie (Ramtha, Mafrak, Jarash, Nablous), et s'élève à plus de 1 500 m dans le Sud du pays (Karak, Shaubak).

A Irbid et Ramtha, les températures minimales moyennes restent comprises entre 3 et 7°C pendant 60-120 jours. L'élévation des températures, lente à partir de janvier est plus rapide dès mars ($2,5$ à 4° par mois). Les précipitations moyennes annuelles très variables ne dépassent pas 500 mm dans les plaines,

sur la rive Est du Jourdain et diminuent très rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer (elles passent de 500 mm à Irbid, à 250 mm à 30 km plus à l'Est); la variabilité interannuelle des précipitations dépasse 40 %. Les pluies régulières commencent en novembre et s'arrêtent à la mi-avril. La saison estivale dure plus de 200 jours. Les températures maximales s'élèvent rarement au-dessus de 35° .

Ainsi, comme partout au Proche-Orient, plus nettement que dans l'Ouest méditerranéen, existent un maximum absolu de pluies d'hiver et un maximum relatif de printemps (en Occident, maximum absolu hivernal; maximum relatif automnal). (Tableau VI).

2. Sols et végétation.

Le type de distribution de pluies (pluies de printemps) a une influence marquée sur le cycle phénologique : alors que les pâturages nord-africains peuvent être déjà verts au début de l'automne, en Jordanie ils ne le deviennent qu'à la fin de janvier. De plus, tandis qu'en Afrique du Nord on ne trouve presque plus de végétation verte dès la fin de mars, les pâturages des steppes de la Jordanie orientale sont souvent en plein développement jusqu'en juin.

Le premier maximum des pluies (janvier) coïncide avec la température la plus basse de l'année. Leur efficacité au cours de cette période froide est surtout d'ordre potentiel, l'eau étant seulement emmagasinée dans le sol. La consommation d'eau par la végétation est en tout cas très limitée et n'est le fait que d'un petit nombre d'espèces à activité très précoce comme le *Poa*.

Ainsi températures relativement élevées et pluies de printemps souvent abondantes offrent de bonnes possibilités de développement pour les plantes. Ces possibilités de développement sont plus grandes que celles existant en Afrique du Nord dans des zones phytogéographiques similaires.

Dans son étude écologique de la végétation jordanienne, LONG (1957) reconnaît 27 groupements dont les plus caractéristiques sont :

- groupement à *Quercus calliprinos*, *Ceratonia* et *Olea*,
- groupement à *Quercus aegilops* et *Pistacia atlantica*,

TABLEAU VI
Répartition saisonnière des pluies en Jordanie
et en Occident

	Automne (*)	Hiver	Printemps	Été	Année
JORDANIE					
Deir Alla	49 (17 %)	176 (60 %)	67 (23 %)	0	292 (100)
Amman	36 (13 %)	178 (66 %)	57 (21 %)	0	271 (100)
Irbid	75 (16 %)	280 (58 %)	127 (26 %)	0	482 (100)
Mafrak	27 (16 %)	101 (58 %)	45 (26 %)	0	173 (100)
OCCIDENT					
Alger (Algérie)	204 (29 %)	309 (44 %)	158 (23 %)	20 (3 %)	691 (100)
Oran (Algérie)	105 (26 %)	191 (48 %)	87 (22 %)	11 (2 %)	394 (100)
Tunis (Tunisie)	150 (33 %)	187 (41 %)	108 (24 %)	23 (4 %)	468 (100)
Ajaccio (Corse, France)	235 (35 %)	239 (35 %)	151 (22 %)	47 (7 %)	672 (100)
Marseille (France)	205 (37 %)	141 (25 %)	131 (24 %)	68 (12 %)	545 (100)
Cagliari (Sardaigne)	168 (33 %)	186 (37 %)	115 (23 %)	26 (5 %)	495 (100)
Skopje (Yougoslavie)	171 (34 %)	130 (26 %)	124 (25 %)	72 (14 %)	497 (100)
(*) Automne = sept. + oct. + nov.					

- groupement à *Salsola rigida* et *Haloxylon articulatum*,
- groupement à *Juniperus phoenicea*,
- groupement à *Ziziphus spina-christi* et *Balanites aegyptiaca*.

Vis-à-vis du Criquet marocain, le groupement à *Salsola* et celui à *Ziziphus* sont les seuls dans lesquels des grégations se sont manifestées jusqu'à maintenant :

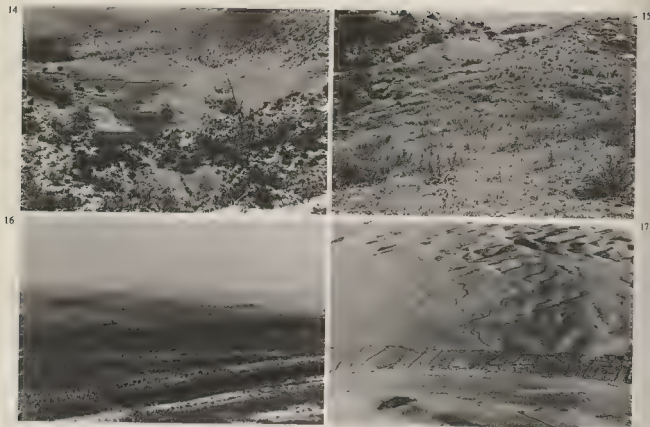
— le premier occupe des sols d'origine loessique, bruns, à texture moyenne; il s'étend de la région de Mafrak jusqu'à la frontière syrienne (pluviométrie 100 à 200 mm); il est très dégradé. *Poa sinaica* y domine, en compétition avec *Carex stenophylla* et présence de *Hordeum murinum*, *Nardurus orientalis*, *Pterocephalus arabicus*, *Bufonia ephedrina*, *Lasio-pogon muscoides*, Lichens, *Paronychia argentea*, *Verbascum cremobium*, *Anabasis aphylla*, *Muscari longipes*.

— le second caractérise la vallée du Jourdain et la Mer Morte (altitude — 375 m à 0 m; pluviométrie 50 mm au Sud, 250 mm au Nord); parmi les plantes caractéristiques du groupement, on peut noter : *Ziziphus spina-christi*, *Balanites aegyptiaca*, *Moringa aptera*, *Solanum incanum*, *Ephedra alba*, *Acacia raddiana*, etc...

3. Action de l'homme.

Dans toutes les régions de Jordanie, l'homme a ruiné la végétation ligneuse originelle soit pour ses besoins domestiques, soit pour établir ses cultures. La dégradation toujours très apparente est le résultat direct d'une mauvaise utilisation des ressources naturelles et non celui d'un changement de climat.

Les cultivateurs ont depuis longtemps occupé toutes les terres disponibles et capables de fournir des récoltes même maigres. Parallèlement à l'agriculture sédentarisée, l'élevage millénaire du mouton est resté semi-nomade ou transhumant. En hiver, les troupeaux séjournent dans la vallée du Jourdain (fig. 16, p. 278) sur les terres incultivables ou non cultivées et gagnent, à la fin du printemps et pour l'été les régions montagneuses, les hauts plateaux, la steppe et la steppe désertique. Vers la fin de l'été, chassés par le dessèchement de la végétation, les troupeaux convergent vers les régions cultivées et notamment les chaumes des céréales. Le pâturage est partout intense, mais plus particulièrement autour des villages et des points d'eau; le surpâturage détermine une détérioration lente et continue du tapis herbacé; en raison de la pauvreté de la végétation et de la persistance des troupeaux, il se manifeste même pour des charges en bétail très faibles.

FIG. 14 à 17. — Habitats de *Dociostaurus*

14. Massif des Alaouites : cuvette de Smakté

15. Monticule sableux au fond de la cuvette de Smakté

16. Vallée du Jourdain : plaine de Deir Alla

17. Qalamoun septentrional : à l'Est de Qariatein.

Les processus ci-dessus rapportés sont communs à toute la région jordanienne, mais des conséquences particulières à la deuxième guerre mondiale ont favorisé plus ou moins localement l'extension des cultures comme dans la vallée du Jourdain et ont abouti à augmenter extraordinairement la pression de la population humaine sur la végétation naturelle de la région. C'est à la suite immédiate de la guerre israélo-arabe en 1948, que les changements les plus brusques survenaient. Des centaines de milliers de réfugiés se sont concentrés dans la vallée au Nord de la mer Morte et s'y sont installés avec leurs troupeaux. L'un des résultats a été la destruction systématique de toute végétation ligneuse de telle sorte que les sols du Ghor sont depuis 1949 dépourvus de plantes pérennes.

4. *Dociostaurus maroccanus solitarien*.

L'habitat permanent des solitaires en Jordanie s'étend à presque toutes les régions situées entre — 300 m (vallée du Jourdain) et 1 200 m d'altitude (Tafilé-Shaubak), sous une pluviométrie annuelle de 200 mm à 500 mm, dans leurs parties surpâturées, couvertes de végétation diversement constituée :

Hauts plateaux :

Carex stenophylla
Poa bulbosa
Poa sinaica
Hordeum murinum
Artemisia herba-alba

Vallée du Jourdain (vers altitude — 250 m) :

Urginea maritima

Poa bulbosa
Panicum turgidum
Retama retam
Artemisia sp.
Mesembryentemum sp.
Silene sp.
Malva seque
Stipa tortilis
Aegilops ovata
Ranunculus asiaticus
Bromus sp.
Echium plantagineum
Lamarckia aurea

Une station typique à *D. maroccanus* de la vallée du Jourdain a permis à WATERSTON (in litt.) le relevé des espèces herbacées suivantes à l'altitude — 250 m :

Anagallis caerulea
Atractylis cancellata
Mercurialis annua
Statice thouini
Adonis sp.
Specularia speculum-veneris
Astragalus sp.
Medicago minima
Scleropoa rigida
Rumex roseus
Emex spinosus
Trigonella arabica
Calendula arvensis
Lamarckia aurea
Anchusa sp.
Scabiosa sp.
Medicago coronata
Pteranthus dichotomus
Paronychia argentea
Mathiola bicornis
Papaver rhoeas
Telmis microcarpa
Alyssum campestre
Bromus sp.
Salvia horminum
Echium plantagineum
Aegilops ovata
Stipa tortilis
Eruca sativa
Acanthus sp.
Scorzonera sp.

A Wadi Shuaib, altitude 0 m, cet auteur signale les espèces suivantes : *Stipa* sp., *Poa bulbosa*, *Anchusa* sp., *Mathiola bicornis*, *Anthemis* sp.

Nous avons trouvé *D. maroccanus* solitaire en tous endroits surpâturés (de superficie parfois restreinte à un are) très souvent anciennement cultivés mais abandonnés sur les coteaux à l'Ouest du Jourdain, de Jéricho (— 250 m d'altitude) jusqu'à une distance de 11 km Est de Jérusalem (900 m).

A part les stations de la vallée du Jourdain, des stations à solitaires se trouvent dans plusieurs régions ; *D. maroccanus* s'y trouve parfois en densité appréciable et nécessite souvent des opérations de destruction pour protéger les cultures environnantes, comme par exemple :

Beit Safafé et Fasayel : région de Nablos.
 Beit Sourik : région de Jérusalem.
 Aur el Foq et Aur el Tahta : région de Ramallah.
 Samu et Dhariya : région de Galilée.
 Pont Allenby (Pt. Roi Hussein) : région de Jéricho.
 Tubas, au Nord de Jéricho.
 Nombreuses localités dans les régions de : Tafilé, Shubak, Jarash, Ramtha, Mafrak, etc.

5. *Dociostaurus maroccanus* grégarien.

a) Vallée du Jourdain.

La vallée du Jourdain est la seule région grégarienne jordanienne dont l'existence réelle se soit manifestée depuis 1930 mais on ne sait rien sur la possibilité de son fonctionnement antérieur. Des populations larvaires denses ont été observées par WATERSTON (1951) à Ghor Kafrein et par le même auteur des essaims à Jéricho en mars-avril 1946.

Des manifestations grégaires ont été observées par les services agricoles jordaniens en avril 1951 dans des localités proches des cultures dans le Ghor entre 0 m et — 300 m d'altitude et spécialement à Jaria'a, Shunah, Damiya (Basat Thmeila), Ghor Fasayel et Ghor Faria'a. Dans les 2 cas, des mesures de lutte ont été entreprises.

Nos observations réalisées en avril 1952 dans la vallée du Jourdain et notre enquête auprès des responsables de la lutte nous autorisent à considérer que ces stations appartiennent à la catégorie des foyers subgrégariques (PASQUIER & al., 1952). La densation aboutit à la constitution d'essaims pri-

maires (congrégiens ou grégariens) qui ne conservent ni leur cohésion (dégrégation), ni leur comportement grégaire (dégrégation).

b) Jordanie Nord-orientale.

En 1928, des vols grégaires ont été signalés sur 30 hectares à la frontière syro-jordanienne, à l'Est de Mafrak; il n'en a plus été question les années suivantes. En 1962, à la suite de la signalisation d'une invasion par *D. maroccanus* dans la même région, une visite sur les lieux nous a montré qu'il ne s'agissait que d'un mélange de petits acridiens dans lequel *D. maroccanus* solitaire n'entraîne qu'en minorité.

Les vieux habitants des villages situés à la frontière jordanienne à l'extrême Sud du Dj. Druze sont unanimes à reconnaître *D. maroccanus* sous le nom localement bien connu de « Abou zebba » (sauterelle du fumier) et à se rappeler son invasion de 1928 et 1929 dans la région. Ils disent aussi que les manifestations grégaires auraient été déjà observées en 1926. De plus, la description du cycle évolutif de l'espèce par les vieux, et la persistance des infestations pendant plusieurs années consécutives exclut toute confusion avec le criquet pèlerin. Cette région a donc bien été dans le passé une zone grégarigène du Criquet marocain.

« Quand Abou zebba vient sur une terre, il s'y installe et s'adapte à ses gens et ses troupeaux » nous dit un vieillard, ancien chef de la tribu Hazzal.

De nouvelles données s'avèrent nécessaires pour que puisse être définitivement affirmée la qualité grégarigène de cette région de Mafrak, laquelle autant qu'on puisse actuellement en juger, ne peut être que de faible importance.

6. Autres espèces acridiennes.

Les pullulations signalées dans les différentes régions jordanienues comportent généralement un mélange de nombreuses espèces d'Acridiens et d'autres Orthoptères. *D. maroccanus* est présent dans beaucoup de ces mélanges mais parfois en minorité. Les signalisations de ces populations mixtes montrent souvent une confusion entre *D. maroccanus* et les *Calliptamus*. D'autres genres : *Sphingonotus*, *Aiolopus*, *Acrotylus*, *Morphacris*, *Tmethis*, *Pyrgomorpha*, *Tettigonia* y sont souvent représentés.

Les fréquentes pullulations de ces sauteriaux inquiètent souvent les agriculteurs et dans beaucoup de cas justifient des opérations de destruction.

C. QALAMOUN SEPTENTRIONAL.

Les chaînes du Qalamoun (fig. 12) sont des avant-plis en dômes qui divergent de l'Anti-Liban à l'Est. Les plateaux du Qalamoun s'étendent de 100 m à 1 700 m sur une centaine de kilomètres du Nord au Sud; ils sont coupés d'étroits chaînons qui vont rejoindre les plis de la Palmyrène. En dépit de l'altitude, la nudité du paysage et l'allure des cuvettes d'alluvions laissent déjà penser au désert. Les sols crayeux et calcaires dominent. Des oasis sont situées dans les bassins intérieurs, au milieu de cette désolation entre le Djebel Charqi et le Qalamoun. Au Nord-Est la plus importante est celle de Qariatein (fig. 17). Entre Qariatein et Nabek s'échelonnent celles de Deir Atiyé, Hmeira, Hafar et Sadad. Toutes sont irriguées par des sources, des canaux de dérivation ou des kanayet.

1. Aperçus géographique et climatique.

Le climat est sec, xérothermoméditerranéen. L'évapotranspiration est élevée (1440). La température moyenne du mois le plus froid est assez basse (2 °C).

Les précipitations sont toujours faibles (150-200 mm) et très variables d'une année à l'autre. L'humidité est toujours basse et fluctuante. L'évaporation est par contre extrêmement élevée et pourtant l'humidité relative est parfois assez notable. La luminosité est grande. Les vents sont persistants et assez forts au cours de la journée, la nuit est généralement plus calme.

C'est un climat steppique dont on retrouve certaines des caractéristiques dans le Nord de la Jéziré (Qamichliyé et Hassaké); la différence réside essentiellement dans le fait que la température moyenne annuelle à Nebek (12 °C) est très inférieure à celle des stations précitées (19-20 °C).

2. La végétation.

Que ce soit sur les montagnes ou sur les plaines, la région est presque totalement déboisée et sa flore

est peu homogène. Sur les pentes et dans les plaines, existait une forêt claire d'arbres à feuillage caduc : avec *Pyrus syriaca* et *Crataegus azarolus*.

Les espèces suivantes se rencontrent sur les pentes Est de l'Anti-Liban (PABOT, 1956) :

Agropyron libanoticum
Arrhenaterum kotschyi
Centaurea dumulosa
Argyrobolium crotalarioides
Phlomis damascena
Cousinia dayi
Secale montanum
Hedysarum coelestiacum
Eryngium billiardieri
Anthemis montana
Bromus tomentellus
Festuca valesiaca

Dans les plaines :

Poa bulbosa
Hordeum bulbosum
Dactylus hispanica
Bromus danthoniae
Echinops blancheanus
Hypericum triquetrifolium
Thymus syriacus
Onopordon anisacanthum
Chorispora syriaca
Phalaris tuberosa
 brachystachys
 paradoxa
Silene coniflora
Gypsophila rokejeka
Lactuca orientalis
Stachys nivea
Carthamus flavesceus
Alcea rufescens
Onosma aleppicum
Phlomis damascena
Centaurea damascena
Astragalus rousseanus
Noaea mucronata
Anchusa strigosa
Alkanna strigosa
Centaurea hyalolepis
Biarum sp.
Euphorbia macroclada
Euphorbia gaillardoti
Achillea santolina
Eryngium desertorum
Vicia sp.
Cousinia aleppica

Salvia palaestina
Salvia syriaca
Trifolium sp.
Medicago sp.

Vers la bordure orientale steppique du Qalamoun, de vastes peuplements d'*Anabasis aphylla* occupent les dépressions limoneuses ainsi que quelques *Stipa parviflora*; *Reaumuria alterniflora* et *Chenopodium arabica* se trouvent dans les zones marneuses; *Peganum harmala* est fréquent près des points d'eau tandis qu'*Haloxylon articulatum* remplace *Artemisia herba-alba* sur les sols limoneux.

3. Action de l'homme.

Le Qalamoun est depuis longtemps un pays de terres cultivées. L'essentiel des ressources provient des terres irriguées dans les oasis; des compléments, plus ou moins importants suivant les villages proviennent des cultures en sec et de l'élevage. Autour de l'étroite zone arrosée, les terres libres abondent et l'hiver est normalement assez pluvieux pour permettre, dans les dépressions, la culture des céréales (blé-orge) et des gesses à rendements assez médiocres.

L'élevage confine au nomadisme : estivage sur les hauts massifs, hivernage dans les steppes. Les populations apparaissent ainsi comme partagées entre trois genres de vie différents : cultures irriguées, cultures sèches et élevage transhumant. Leur économie villageoise est tributaire des conditions naturelles difficiles : âpreté du relief, pauvreté du sol, aridité et rudesse du climat.

Les vieillards de la région nous ont indiqué que l'aspect dénudé actuel des montagnes et des plateaux date de 1925 et que des forêts, quoique claires, existaient encore au début du XX^e siècle. *Pyrus syriaca* et *Crataegus azarolus* abondaient dans le Dj. Charqi, de même que *Pistacia atlantica* dans les parties inférieures du Dj. Chmeis et dans la région de Qariatein (Chqouq el Botom, El Abd, El Abdé, Khan Aneibé). Il ressort de nos recherches et contacts avec la population locale que ce sont en définitive la stabilité politique et la sécurité qui ont

accéléral le déboisement. Les paysans, faute de combustibles, pouvaient désormais pénétrer dans les massifs pour y couper le bois, n'ayant plus crainte des tribus bédouines. L'augmentation démographique et l'introduction des moyens motorisés de transport n'ont fait qu'accélérer le processus de dégradation.

D'autre part, faute de nouvelles sources d'eau dans le massif et dans la steppe, les conséquences du surpâturage n'ont fait que s'aggraver autour des villages, des sources et des canaux d'irrigation.

4. *D. maroccanus solitarien*

Depuis 1958, date de la découverte de cette ancienne région grégarienne, il nous a été possible de récolter de rares spécimens de *D. maroccanus* solitarien dans les collines du Dj. Charqi, près des points d'eau les plus fréquentés. La montagne toujours de plus en plus dénudée et sujette à l'érosion, les puits rares et vite asséchés, ne permettent plus la présence des troupeaux sauf pour une période très courte, limitée aux quelques semaines du printemps, pendant lesquelles ne croît qu'une végétation appauvrie et fugace.

5. *Dociostaurus maroccanus grégarien*.

L'existence, dans le passé, d'invasions grégaires dans le Qalamoun ne ressort pas des archives; les raisons en ont été indiquées p. 270. C'est au cours des prospections effectuées dans les diverses parties du Croissant Fertile, que l'auteur a pu en déceler l'existence et préciser le déroulement d'invasions passées dans cette région. Ses conclusions ont été confirmées par les anciens des villages situés au Nord-Est de Deir Atiyé. Lors de son enquête, il emportait une boîte contenant des spécimens de 15 sauteriaux d'espèces différentes dont un de *D. maroccanus*. Ce dernier était immédiatement reconnu sans aucune hésitation. C'était pour les villageois, y compris les femmes, l'« Abou Zeblé » qu'ils différençaient nettement du « nejdî » (le criquet pèlerin).

Les villages les plus importants où le *D. maroccanus* avait sévi et causé des dommages se sont

avérés être : Hmeira, El Hafr, Sadad, Mhein et même Qariatein. Les lieux de ponte auraient été situés dans les collines avoisinant la région dans le Djebel Charqi.

Des faits supplémentaires sont par la suite venus confirmer l'hypothèse construite sur ces premières bases : on s'est souvenu des ramassages des coques ovigères effectués durant la période ottomane. Les pontes étaient recueillies en été et conservées jusqu'en hiver avant de les livrer aux autorités. La description des coques faite par les villageois a confirmé l'identité de l'insecte. Enfin la poursuite des recherches nous a valu de rencontrer en 1958 un dernier témoin officiel : Mustafa Hassan Saada (alors âgé de 83 ans) qui avait été fonctionnaire antiacridien jusqu'en 1930. Selon lui, la dernière invasion aurait eu lieu en 1926; les bandes larvaires ont existé en 1927, s'étendant du Dj. Charqui (El Khabra, Shua'ab Hassan et Shua'ab el loz) jusqu'à Qariatein, Tell el Kurdi, Mzeiblé.

Depuis 1927, aucune infestation massive ni dégâts dus au criquet marocain n'ont été signalés. SAADA et tous les villageois ont été unanimes à confirmer que déjà en 1926-1927 l'aspect de la montagne était celui d'aujourd'hui mais qu'en 1900 existaient encore des forêts clairsemées de *Pyrus* et de *Pistacia* au moins dans les vallées montagneuses comme à Wadi Qarein, Rachidé, El Abd et Khan Aneibé (Nord-Est de Khabra) près de Qariatein.

De même au début du siècle, les troupeaux de moutons et de chèvres étaient plus nombreux et les pâturages plus riches qu'actuellement, cette dernière assertion étant vraie pour de nombreuses régions du Proche-Orient.

6. *Grégariénese*.

Le Qalamoun fait partie du Croissant Fertile où *D. maroccanus* trouvait nombre de régions ou points d'habitat permanent favorables à sa persistance avant que la dégradation rapide de la végétation et par suite la désertification du fait de l'homme et de son bétail n'aient rendu aléatoires et difficiles non seulement la culture sèche mais aussi le pâturage intensif. La survie même de l'espèce a pu y être ainsi mise en échec.

Comme dans la vallée du Jourdain, la grégarisation y a été possible, selon une périodicité plus ou moins irrégulière, il est vrai comme dans beaucoup de régions grégarigènes, surtout sans doute avec une faible fréquence. L'explication de ces caractéristiques se trouve peut-être dans le fait que les deux zones présentent des conditions thermiques extrêmes pour la grégarisation, la torridité de la vallée du Jourdain s'opposant aux températures relativement basses du Qalamoun.

D. AIRE JÉZIRO-MÉSOPOTAMIENNE.

Dans le chapitre traitant de l'étude historique des invasions passées, nous avons exprimé l'hypothèse d'unicité. Elle nous permettra de considérer l'aire d'invasion jéziro-mésopotamienne comme un ensemble aux parties interdépendantes, ce que justifie la pénurie relative de données sur les situations générales acridiennes qu'on a relevées et qui, dès l'abord ne semble pas permettre de la scinder en régions d'invasion sûrement indépendantes.

1. Géographie.

Cette aire comprend les parties Nord et Nord-Est de l'ensemble Syrie-Irak avec des lisières turques et iraniennes (Jéziré de Turquie, de Syrie, d'Irak, Nord de la Mésopotamie et bas-pays iraniens); en d'autres termes le corps et la corne orientale du « Croissant Fertile ».

La ligne de hauteurs dj. Sinjar-Abd el Aziz-Toual Aba constitue une nette coupure topographique entre Haute et Basse Jéziré. A part ces montagnes, la Jéziré est privée de relief : elle n'est partout qu'immense plaine à peine ondulée.

Dans la Haute Mésopotamie turque et la Haute Jéziré syro-irakienne se remarquent les nombreux Tell, collines artificielles de 50 à 300 m de diamètre, sur 5 à 40 m de hauteur, accumulation de décombres humains au cours des sept derniers millénaires.

2. Climat.

a) Généralités.

Jéziré septentrionale et piémonts irano-irakiens jouissent d'un climat méditerranéen, à deux saisons marquées, climat substeppique ou steppique intermédiaire entre celui montagnard humide ou sub-humide régnant sur les hauts-pays du Taurus, du Kurdistan et du Zagros et celui des bas-pays mésopotamiens qui subissent, quelque peu atténuées, les influences déterminant le caractère de torride aridité des proches déserts du plateau arabique.

Le climat est là plus continental que dans la corne occidentale du Croissant Fertile (Jordanie orientale); les hivers sont plus froids, les étés plus chauds; les pluies sont un peu plus précoces et plus régulières en début du printemps. Les hivers sont modérés et les températures minimales moyennes restent inférieures à 3° pendant 2 à 3 mois; dès le mois de mars, l'élévation mensuelle moyenne des températures moyennes est très rapide (plus de 4,5°).

L'été commence fin mars-début avril et dure 200 à 250 jours; la somme des températures au-dessus de 15 °C varie de 1 500 à 2 400 degrés-jours. Les températures maximales moyennes mensuelles s'élèvent au-dessus de 35 °C pendant deux à quatre mois, dépassant 40° pendant 2 mois à Mossoul. En juillet, la différence entre la température moyenne maximale et la température moyenne minimale est comprise entre 17 et 20 °C.

Les précipitations sont variables dans l'espace (200-500 mm); les accidents topographiques n'étant pas très accusés, le climat se transforme insensiblement vers le Nord en climat semi-humide et vers le Sud en climat aride. La variabilité inter-annuelle des précipitations est élevée à proximité de la zone aride (Hassaké) et diminue rapidement quand on s'approche des montagnes (Jérablous). La saison de pluies régulières commence fin octobre-début novembre pour se terminer fin avril à l'Ouest (Jérablous) et dès avant la mi-mai dans l'Est (Mossoul, Irbil). Dans les localités où les précipitations sont d'environ 350 mm, la saison des pluies régulières dure environ 180 jours; dans les localités plus sèches comme Hassaké, elle est réduite à 165 jours. L'humidité relative de l'air, élevée tout l'hiver, diminue plus vite à l'Est au cours du printemps. Les valeurs annuelles calculées de l'ETP (évapotranspiration) sont généralement comprises entre 1 300 et 1 450 mm, ce qui montre que les conditions sont, sous ce rapport, assez homogènes dans la région. Les précipitations peuvent compenser l'ETP depuis le début novembre jusqu'à la fin

TABLEAU VII
*Températures moyennes et extrêmes des principales stations
 du criquet marocain au Proche-Orient*

Station	Alt. en m	Températures en °C						
		Moyennes			Minimums		Maximums	
		mensuelles		ann.	absolus	moy.	abs.	moyens
		Janv.				Janv.	Juil.	
Diyarbakir	653	1,3	31,0 (Juil.)	15,9				
Ourfa	515	4,5	32,0 (Juil.)	18,2				
Qamichliyé	467	7,0	32,5 (Juil.)	19,1	— 0,2 (Janv.)	3,1	45,0	40,5 (Août)
Tell Tamer	335	6,5	31,0 (Juil.)	18,0	— 2,2 (Déc.)	0,0	47,0	41,0 (Août)
Deir ez Zor	200	7,5	32,3 (Juil.)	20,0	— 3,1 (Janv.)	2,1	48,0	40,5 (Juil.)
Kirkouk	331	8,3	35,2 (Juil.)	22,1	— 6,7 (Janv.)	3,6	47,8	42,6 (Juil.)
Mossoul	220	6,3	32,4 (Août)	19,4	— 11,1 (Janv.)	1,9	51,1	43,0 (Août)
Khanaqin	201	9,8	35,2 (Juil.)	22,8	— 6,7 (Janv.)	4,8	50,0	43,5 (Juil.)
Bagdad	37	9,3	34,7 (Juil.- Août)	22,7	— 7,4 (Déc.)	3,5	50,4	43,6 (Août)
Bassorah	8	16,2	39,2 (Juil.)	29,2	— 4,6 (Janv.)	6,4	50,1	40,5 (Août)

avril (période la plus intéressante ici), si l'on considère que le reliquat important de l'eau des pluies d'hiver est mis en réserve dans le sol et peut être utilisé par les plantes au printemps.

b) Températures (Tableau VII).

Diyarbakir est hors ou très proche de la limite froide de l'habitat des criquets solitaires. Le climat y est rude, les minimums hivernaux sont au-dessous de zéro. Bagdad et surtout Bassorah indiquent les conditions thermiques régnant au-delà de la limite chaude de l'habitat des solitaires. Entre ces extrêmes, Kirkouk, Mossoul, Khanaqin, Qamichliyé et Tell Tamer (près de Hassaké) présentent les caractéristiques des lieux à Criquet marocain.

En Jéziré, on note une augmentation de la température moyenne annuelle du Nord vers le Sud. L'isotherme annuelle 18 °C suit sensiblement au Nord la frontière syro-turque, l'isotherme 19° passe par Markada et celle de 20° par Deir ez Zor (fig. 5). Pour les collines de Turquie et celles qui séparent Haute et Basse Jéziré, l'isotherme 16° suit la courbe de niveau 1 000 m.

c) Précipitations.

L'étude fait apparaître les zones suivantes à pré-

cipitation décroissante du Nord au Sud (fig. 6, p. 256) :

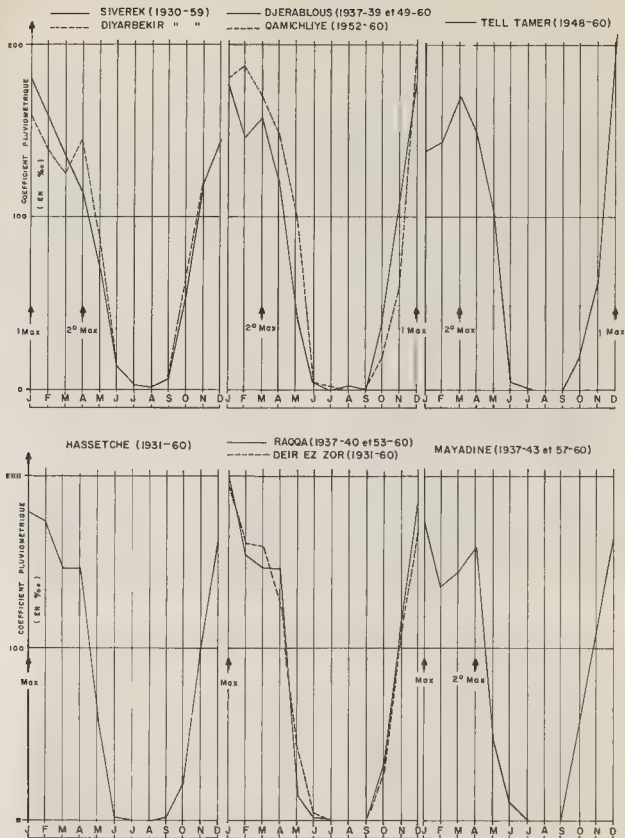
— Zone montagneuse de Turquie et d'Irak et bec de canard en Syrie : zone semi-humide (500 - 1 000 mm/an ou plus);

— Haute Jéziré et piémonts assyrochaldéens : zone semi-aride (250-500 mm/an).

— Basse Jéziré : zone semi-aride de transition et zone aride : moins de 250 mm.

La comparaison des coefficients pluviométriques mensuels (rapport de la pluie mensuelle à la pluie annuelle) montre une homogénéité presque parfaite du régime des précipitations de toute l'aire jézéro-mésopotamienne. La pluviosité est surtout hivernale, la moitié de la tranche annuelle tombant de décembre à février. Les précipitations croissent d'octobre à janvier, puis décroissent jusqu'en mai, avec parfois un maximum secondaire en mars ou avril (fig. 18 et tableau VIII).

Dans le problème qui nous concerne, on voit que l'importance de la quantité annuelle de pluie est limitée si on ne considère pas le régime des pluies. Cette étude explique clairement, comme on l'a constaté pour la Jordanie, la persistance du criquet marocain dans des zones à relativement faible pluviométrie annuelle (175-250 mm).



(F.A.O. , 1966)

FIG. 18. — Coefficients pluviométriques mensuels en Jéziré.

TABLEAU VIII
Pluviométrie moyenne saisonnière et annuelle
en millimètres et pourcentages.

	Altit. en m	Automne mm (%)	Hiver mm (%)	Printemps mm (%)	Été mm (%)	Année
Geziantep	840	92 (16,8)	298 (54,2)	149 (27,0)	11 (2,0)	550 (100)
Ourfa	547	71 (16,6)	252 (58,9)	103 (24,1)	2 (0,5)	428 (100)
Mardin	1150					686
Nusaybin	500	50 (10,9)	225 (48,5)	183 (39,6)	5 (1,0)	463 (100)
Cizré	400					616
Diyarbakir	677	138 (29,4)	194 (41,3)	130 (27,7)	8 (1,6)	470 (100)
Jérablous	350					331
Meskené	350					201
Raqqa	251					174
Tell Abiad	355					287
Deir ez Zor	200	20 (13,3)	79 (53,1)	49 (33,0)	1 (0,6)	149 (100)
Marqada	250					209
Chaddadé	220					244
Hassaké	300	35 (13,0)	138 (51,4)	95 (35,3)	1 (0,3)	268 (100)
Tell Tamer	335					309
Ras el Ain	350					292
Qamichliyé	467	44 (10,2)	230 (53,2)	156 (36,1)	2 (0,5)	432 (100)
Sinjar	576					460
Malkie (Dérak)	475					564
Mossoul	223	65 (17,5)	204 (54,1)	107 (28,4)	1 (0,2)	377 (100)
Erbil	414	87 (19,8)	230 (52,2)	123 (28,0)	0 (0)	440 (100)
Kirkouk	330	56 (14,6)	192 (50,1)	135 (35,2)	0 (0)	383 (100)
Khanaqin	201	52 (15,1)	181 (52,5)	111 (32,2)	1 (0,3)	345 (100)
Bagdad	37	23 (13,6)	88 (52,1)	57 (33,7)	1 (0,6)	169 (100)
Ahwaz						194

TABLEAU IX
Variabilité relative de la pluviométrie

Localité	Période	Pluv. max. (année)	Pluv. min. (année)	Pluv. moy.	Var %
Qamichliyé	1931-1933	684 (1954)	314 (1960)	430	34
et	1951-1960				
Mossoul	1931-1960	585	209	390	29
Kirkouk	1939-1960	771	186	383	43
Jérablous	1937-1940	457 (1954)	215 (1959)	333	24
et	1949-1960				
Hassaké	1931-1960	500 (1954)	137 (1960)	268	26
Deir-ez-Zor	1931-1960	297 (1953)	72 (1960)	148	36
Khanaqin	1941-1960	649	180	325	47
Bagdad	1931-1940	338	52	151	52
et	1951-1960				
Ahwaz				194	37

Dans le même ordre d'idées, le tableau IX montre pour quelques postes de la région, la variabilité interannuelle relative de la pluviométrie (DE BRICHAMBAUT & WALLEN, 1964). On y remarquera des variations absolues dépassant souvent largement la proportion du simple au double.

d) Les vents.

Pour la période février-mars-avril, on constate une fréquence d'Ouest plus ou moins marquée pour toute la zone. Toutefois, à Deir-ez-Zor et Qamichliyé d'autres directions sont plus fréquemment observées : Sud-Sud-Est pour le premier poste et Nord-Nord-Est pour le second.

De mai à octobre, les vents dominants sont de secteur Nord (et secondairement d'Ouest) à Qamichliyé, de secteur Nord-Ouest à Hassaké, Ouest à Deir-ez-Zor, Sud-Ouest à Raqqa.

En novembre-décembre-janvier, le régime est assez voisin de celui de février-mars-avril bien qu'à Qamichliyé la dominance Nord soit nettement marquée. A Hassaké et Deir-ez-Zor, les vents sont variables et faibles.

En toute saison les calmes ou les vents faibles (< 2 nœuds) sont les plus fréquents à Hassaké et Deir-ez-Zor. En saison froide, ils y représentent près de la moitié des observations. En saison chaude, ils sont nettement moins fréquents.

La vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s, réduite par calcul à 2 m au-dessus du sol, est maximale en été (Raqqa 6,5 m/s en juillet, Deir-ez-Zor 4,2, Hassaké 2,7) et minimale en hiver (Deir-ez-Zor et Hassaké : 1,1 en décembre; Raqqa : 2,3 en décembre). A Khanaqin, et à Kirkouk (Iraq), les vents de secteur Ouest dominent surtout pendant la période chaude d'avril à octobre,

particulièrement de juillet à août. Les calmes sont les plus fréquents en hiver.

Si la considération des différents renseignements donnés ci-dessus est intéressante pour toutes les saisons mentionnées en raison du fait que le vent transporte des masses d'air à différentes températures et humidité devant permettre les précipitations, il reste que ce sont ceux de la période mai-juin-juillet auxquels on peut accorder la plus grande signification car ils correspondent à ceux régnant à une époque de l'année où existent, ou peuvent exister, des aîlés et plus particulièrement des aîlés grégaires dont les essaims peuvent être transportés par les courants aériens proches de la surface des sols. D'ailleurs il a déjà été noté par les auteurs que les déplacements d'invasions sont généralement orientés dans la direction des vents dominants.

e) Humidité relative.

La durée relative d'ensoleillement par rapport à la durée totale possible varie de 55-60 % en janvier à 95-97 % de juillet à octobre; en Jéziré elle est parmi les plus fortes de Syrie; la radiation est de l'ordre de 170 000 cal/cm²/an. L'humidité relative moyenne est parmi les plus faibles de Syrie (42-48 %). Il en est de même en Irak où l'humidité relative moyenne générale est toujours assez faible; plus élevée en hiver, elle s'abaisse en été, au milieu du jour, à des valeurs très basses qui contribuent au caractère xérothermique accusé du climat de cette zone (tableau X).

TABLEAU X
Humidité relative moyenne saisonnière
et annuelle

	13 00 h					(*)
	automne	hiver	printemps	été	année	année
Raqqa						55
Qamichliyé						49
Hassaké						50
Mossoul	30,7	61,8	37,3	14,3	36	55
Kirkouk	26,7	61,7	37,3'	12,7	35	45
Khanaqin	23,7	49,3	29,3	13,3	29	42

(*) Moyenne générale pour toutes heures d'observation.

f) *Bilan hydrique* (Tableau XI).

Il consiste en la comparaison de la pluviométrie et l'évapotranspiration potentielle. Il permet d'estimer les possibilités qui s'offrent à la culture sèche des céréales en ces différents endroits, notion dont on soulignera dans la suite l'importance du point de vue du criquet marocain. La limite de la zone des cultures sèches normalement rentables est comprise entre les coefficients 0,7 et 0,8. On remarquera que les stations de ce tableau peuvent se classer en trois groupes. Le premier comprendrait uniquement Qamichliyé ($k = 1,16$) dont les environs ne permettent que l'existence de solitaires. Le deuxième groupe avec les stations de Mossoul ($k = 1,02$), Khanaqin ($k = 0,9$), Hassaké ($k = 0,8$), qui correspondent à des régions grégariques. Enfin un troisième groupe comprend Ahwaz (0,52), Bagdad (0,37), Deir-ez-Zor (0,35) et Rutba (0,23) éloignés de toute région grégarienne et qui ne sont même pas propices à la vie des solitaires.

Type climatique.

L'ensemble de la zone jézéro-mésopotamienne possède, d'après l'étude UNESCO/FAO (1963), un climat xérothermoméditerranéen accentué au Nord et à l'Est, et un climat aride subdésertique atténué au Sud. Ceci concorde avec les appréciations d'autres auteurs (KÖPPEN, 1923; GANDJI, 1955; THORNTWAITE, 1958, etc.) (in PASQUIER, 1958).

3. Sols.

L'étude des sols de la Jéziré (VAN LIERE, 1965) fait apparaître la meilleure qualité des sols de la Haute Jéziré (Qamichliyé-Hassaké) par rapport à ceux de la Basse Jéziré (Deir-ez-Zor).

Sols à solitaires.

La connaissance de la composition des sols dans les régions à solitaires est particulièrement intéressante en raison des exigences relativement strictes de l'insecte. L'analyse de la partie superficielle des sols de 4 stations prélevés dans une même région à *D. maroccanus* (Zeidi), située sur la frontière syro-turque entre Ras el Ain et Ain el Arab, c'est-à-dire

à l'extrême Nord de Raqqa a fourni les résultats du tableau XII. Les compositions de ces sols d'une même région sont assez homogènes bien que le contenu en sable fin varie entre 20 et 32 %, celui en limon-argile entre 30 et 56 %; pH et composition chimique sont sensiblement identiques.

L'analyse du sol dans deux sites à *D. maroccanus* solitaire en Irak, région de Mossoul, donnée par BODENHEIMER en 1944 a fourni les résultats du tableau XIII.

Le sol de Teyniyé est donné comme riche en matières organiques (ce qui correspond aux sols de Zeidi).

TABLEAU XI

Bilan hydrique en saisons d'hiver et d'été
(d'après de BRICHAMBAUT & WALLEN, 1964)

Station	Saison d'hiver (1)		Saison d'été (2)	
	p (3)	ETP (4)	$\frac{p}{ETP} = k$	ETP
Qamechliyé	307	350	1,16	1210
Mossoul	371	362	1,02	1220
Khanaqin	291	325	0,90	1330
Hassaké	262	328	0,80	1130
Ahwaz	188	365	0,52	1860
Bagdad	133	358	0,37	1650
Deir-ez-Zor	144	509	0,35	1300
Rutba	122	527	0,23	1330

- (1) Du 1^{er} novembre jusqu'à 15 jours après date épiation.
- (2) Commence à la date où la température moyenne dépasse 15° au printemps et se termine lorsque la température moyenne devient inférieure à cette valeur.
- (3) Précipitations moyennes
- (4) Évapotranspiration potentielle.

TABLEAU XII

Composition des sols de Zeidi (N. Syrie)

	1	2	3	4
Sable grossier %	24,00	23,00	25,50	22,25
Sable fin %	19,90	20,50	32,15	22,0
Limon %	42,10	42,10	30,70	35,0
Argile %	14,00	14,40	11,65	10,75
Matière organique %	8,82	7,56	7,56	6,30
Carbonate de calcium (calculé selon le montant de CO ₂)	22,50	22,50	22,00	26,25
Capacité en eau	56,75	53,75	52,75	53,25
pH	7,60	7,40	7,40	7,5
N	0,084	0,070	0,098	0,077
CaO	12,60	12,60	12,60	14,70

TABLEAU XIII
Composition des sols de Teyniyé et Hazemiyé
(Irak)

	Teyniyé	Hazemiyé
Sable grossier %	6,1	4,0
Sable fin %	32,1	43,5
Limons + argile %	61,8	52,5
Carb. de calcium (calculé selon le montant de CO ₂)	30,9	28,0
Capacité en eau %	67,4	40,6
Humidité hygroscopique %	4,3	3,9
Sels %	0,15	0,15
pH	8,7	8,7
Chlore (Cl) %	0,002	0,002

4. Végétation.

On peut reconnaître une assez nette zonation de la végétation en bandes plus ou moins régulières et étroites se juxtaposant depuis les hauts pays montagneux du Taurus, du Kurdistan et du Zagros, jusqu'au-delà de la ligne de l'Euphrate qui représente la limite approximative de l'habitat du Criquet marocain.

La végétation naturelle, étudiée par EIG (1935), POST (1932), PABOT (1956), etc. y est très variée, le Moyen-Orient étant un carrefour où se côtoient des éléments méditerranéens, irano-touraniens, saharo-sindiens, et même soudano-décaniens. La Jéziré est considérée comme appartenant au domaine phytogéographique irano-touranien.

Les recherches écologiques jusqu'à ce jour réalisées dans le Croissant Fertile permettent d'affirmer que les climax y sont en majorité de nature forestière, forêts claires d'arbres à feuillage caduc à végétation herbacée proche ou peu différente de celle des pâturages environnants.

Au-dessus des prairies montagnardes à coussinets des hautes terres se développe une ceinture de forêts, actuellement plus ou moins virtuelle, où dominent des chênes à feuilles caduques, relayés sur les pentes plus inférieures par d'autres essences, tel *Pistacia* des piémonts irano-chaldéens, Djebels Abd el Aziz et Sinjar, vestiges de forêts claires. Inférieurement à la limite forestière se situe une zone de steppes de développe-

ment spatial variable, très vaste en Jéziré syro-irakienne, moins étendue, mais notable encore, dans les plaines assyro-irakiennes de la rive gauche du Tigre.

La dégradation de la végétation originelle, par suite de l'ancienneté et de l'intensité de l'agriculture et du nomadisme, a favorisé l'extension de graminoides (annuelles, cespitueuses ou bulbeuses) et de sous-arbrisseaux épineux ou non (Chénopodiacees halophiles).

Dans cette steppe, dans celle aussi à caractère semi-aride plus accusé qui la poursuit, se présentent les divers ensembles végétaux les plus intéressants à considérer dans leur rapport avec le criquet marocain. Les plaines, les dépressions ou autres étendues salées à halophytes diverses, le fond limono-argileux des valonnements à *Artemisia herba-alba...*, ne lui sont pas favorables, sans doute non plus les sols moins nettement particuliers où domine *Prosopis stephaniana*. Ces plantes ont même pu être considérées comme de nets indicateurs négatifs. Dans un autre ordre de faits, *Stipa retorta* peut l'être aussi lorsqu'il couvre la plaine de ses peuplements denses, fermés et monotones. Cependant des phytocénoses pouvant comprendre ces espèces ou d'autres de moindre signification ne le sont plus soit qu'il s'agisse de variantes orographiques et édaphiques de leurs groupements typiques, soit dans leurs liaisons écotoniques là où elles passent à d'autres reflétant des conditions climatiques ou végétationnelles meilleures; soit encore et surtout lorsqu'interviennent de fortes actions anthropozoïques. Dans les relevés floristiques changent alors les degrés d'abondance, de dominance, de recouvrement de leurs composantes essentielles. Alors que certaines espèces se raréfient ou disparaissent, d'autres prennent de l'importance ou apparaissent. Dans le cas du surpâturage, les paranémophytes (PASQUIER, 1958), se développent et parmi elles, selon des conditions hydriques décroissantes: *Carex stenophylla*, *Poa bulbosa*, *Stipa retorta*, pour ne citer que des Graminoides intéressants pour l'insecte. En d'autres cas, *Lolium*, *Bromus...* reconstituent la végétation sur les lieux labourés ou autrement dénudés par l'homme; des ubiquistes rudérales plus ou moins nitrophiles et même anthropophiles telles que *Hordeum murinum* (Graminée), *Sisym-*

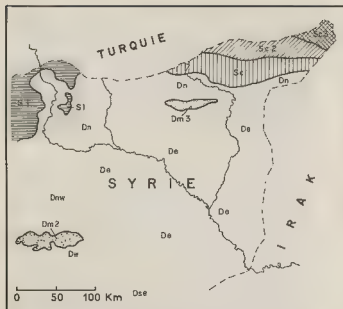


FIG. 19. — Carte phytogéographique du Nord-Est de la Syrie (d'après PABOT, 1957).



FIG. 20. — Région Sinjar-Mossoul

brium sp. (Crucifère), également *Malva aegyptiaca* (Malvacée), des *Medicago* (Légumineuses)... non spécialement inféodées à la steppe viennent coloniser et garnir trous, rigoles, emplacements dénudés de tentes, parcs à animaux, où débris humains, animaux et végétaux se sont plus ou moins temporairement accumulés.

PABOT (1956) a dressé, pour la Syrie, une carte phytogéographique (fig. 19).

1) La zone « syrienne » (S1, Sc1, Sc2, Sc3), correspondant sensiblement au Croissant Fertile, sépare la zone méditerranéenne de la zone steppique; c'est surtout une zone de cultures. Elle pénètre en Turquie et se prolonge en Irak dans la région de Mossoul. Elle est presque totalement déboisée. Sa flore, peu homogène, a été fortement influencée par l'homme. Dans son ensemble, elle est plutôt caractérisée par des groupes d'espèces de composition floristique voisine que par des espèces précises :

— La partie S1 entre le Balikh et l'Euphrate, en contact avec la steppe est caractérisée par les espèces suivantes :

Achillea santolina

Eryngium desertorum
Gypsophila rokejeka
Lactuca orientalis
Stachys nivea
Carthamus flavescens
Onosma aleppicum
Phlomis damascena
Astragalus rousseanus
Astragalus lepidanthus
Alcea rufescens
Centaurea damascena

plus grande fréquence de :

Noaea mucronata
Anchusa strigosa
Alkanna strigosa
Centaurea hyalopelis
Bromus danthoniae
Cousinia aleppica
Salvia palestina
Salvia syriaca

Les Légumineuses (*Trifolium*, *Medicago*, *Vicia*, etc.) sont bien moins nombreuses que dans l'Ouest (Alep) au contraire de *Trigonella* et des *Stipa* (*S. barbata*, *S. lagascae*) qui y sont plus fréquentes.

Les cultures l'occupent en partie importante.

Les parties Sc1, Sc2, Sc3 à climat continental (Haute

Jéziré syrienne et irakienne) comprennent nombre d'autres espèces :

Cousinia chaborasica
Linum balansaе
Centaurea balsamitoides
Oliveria orientalis
Carthamus oxyacantha
Echinops descendens
Ferulago sp.
Helichrysum aucheri
Convolvulus reticulatus
Achillea oligocephala
Onobrychis lanata
Phlomis bruguieri

Ces parties sont presque entièrement cultivées et leur flore est surtout constituée par les mauvaises herbes des jachères. On remarque tout spécialement l'extrême abondance des *Aegilops* (surtout *A. speltoides* et *A. crassa*) et des *Hordeum* annuels (*H. murinum*, *H. spontaneum*). Leur richesse floristique augmente de Sc1 à Sc3. C'est cependant la bande substeppique Sc1 seule qui nous intéresse ici car elle est la plus proche des régions grégariques connues. Elle est caractérisée par :

— diverses espèces végétales :

Alkanna hirsutissima
Anchusa mesopotamica
Delphinium glandulosum
Alcea lasiocalycina
Elymus delileanus
Achillea santolina

— abondance de *Phlomis bruguieri*, *Cousinia chaborasica*, *Oliveria orientalis*,

— peu de Légumineuses.

2) La zone steppique ou « désert » syrien (Dn, Dnw, De).

C'est celle qui nous intéresse le plus car s'y localisent les régions grégariques observées en fonctionnement en 1953-1954.

Elle est caractérisée par de nombreuses espèces végétales :

Artemisia herba-alba
Haloxylon articulatum
Ephedra alata
Achillea fragrantissima
Astragalus spinosus
Carex stenophylla v. *pachystylis*
Astragalus palmirensis
Centaurea laxa
Adonis dentata
Spergularia diandra

Salsola inermis
Senecio posfontainei
Plantago notata
Chamaemelon auriculatum
Silene coniflora
Erodium puerulentum
Gymnarrhena micrantha
Salsola vermiculata villosa
Poa sinaica
Poa timoleontis
Noaea mucronata
Peganum harmala
Astragalus tribuloides
Salvia lanigera
Anthemis deserti-syriaci
Arnebia decumbens
Malcomia torulosa
Schismus arabicus
Leontodon hispidulus
Scabiosa aucheri
Koelipmia linearis
Salvia spinosa
Malva aegyptiaca
Astragalus mossulensis

— Il faut noter l'abondance de

Filago spathulata
Evax contracta

Stipa barbara (présente aussi en S1) existe un peu partout, mais rarement en peuplement.

Stipa lagascae (présente aussi en S1) bien plus localisée.

Trigonella radiata
Hypocotyle pendulum
Carrichtera annua
Micropus longifolius
Lasiopogon muscoides
Eremopyrum squarrosus
Scorzonera lanata
Helianthemum aegyptiacum

Les parties les plus intéressantes du « désert » syrien sont les suivantes :

— Dnw (zone steppique Nord-Ouest, à l'Ouest de Resafé) en grande partie cultivée, fortement surpâturée. Pas d'*Anabasis aphylla*, peu d'*Haloxylon* et d'*Artemisia* (arrachés par les nomades), vastes étendues de *Carex* et de *Poa*.

— Dn (zone steppique Nord, au Nord d'une ligne Raqqa - Djebel Abd el Aziz - Sinjar) : presque complètement mise en culture d'où sa flore très pauvre. Peu d'espèces vraiment caractéristiques par

rapport à la précédente ou à celle du Qalamoun oriental, mais pénétration dans la partie Nord de quelques espèces de S1 ou de Sc1 (*Phlomis brugueiri*, *Centaurea balsamitoides*, *Oliveria orientalis*, *Cousinia chaborasica*; fréquence de *Teucrium polium* var. et de *Cousinia weseni*, qui existent aussi, en De à l'Est de l'Euphrate), et de *Stipa lagascae*. Pas d'*Anabasis aphylla*. *Artemisia* est en grande partie éliminée par les cultures.

La région de Zeidi, habitat à *D. maroccanus* solitaire, déjà mentionnée se trouve dans cette partie. En mai 1951, nous y avons noté les espèces suivantes :

Bromus sp. cf. *commutatus*
Reseda sp. cf. *orientalis*
Bromus madritensis
Hordeum murinum
Hordeum bulbosum
Lotus sp.
Cynodon dactylon
Taeniatherum crinitum
Herniaria sp.
Filago sp. cf. *germanica*
Echium strigosum
Euphorbia sp.
Malva sp.
Tardylum sp.
Funeus sp.
Mathiola sp.
Ruta sp.
Andrachne telephoides

— De (zone steppique Est, basse Jéziré) : Caractérisée par la nature gréseuse, parfois gypseuse du sous-sol, avec fréquentes étendues sableuses. Aux espèces proprement steppiques de la zone Dnw ci-dessus décrite, s'ajoutent des espèces gypsophiles ou psammophiles ainsi que des espèces liées au climat continental.

Elle est caractérisée par :

— de nombreuses espèces végétales :
Salsola spinosa
Scabiosa olivieri
Astragalus mossulensis
Cousinia weseni
Artemisia scoparia
Haloxylon salicornicum

— fort peu de *Salsola* annuelles (contrairement à Dw),

— fréquence des *Onobrychis* vivaces (*O. olivieri*, *O. lanata*, *O. pinnata*, etc.),
 — pas d'*Anabasis aphylla*,
 — abondance de *Stipa capensis* (surpâturage),
 — sur gypses :
Erodium glaucophyllum
Achillea conferta
Molikia caerulea
Celsia lanceolata
Satureia pallaryi
Herniaria spp. (vivaces)
 — sur sables :
Aristida plumosa
Helianthemum sessiliflorum
Cornulaca satifera
Astragalus diplostrigosus
Heliotropium persicum
Scleropoa dichotoma

— Dm3 (montagne de la zone steppique : Djebel Abd el Aziz et Jinjar) à flore plus ou moins nettement steppique : *Artemisia herba alba*, *Salsola vermiculata*, *Poa sinaica*, *Carex stenophylla*; mais avec de nombreuses espèces non steppiques, en particulier *Centaurea* vivaces (*C. dumulosa*, *C. virgata*) et bon nombre d'espèces endémiques. Plusieurs espèces d'Ombellifères particulières (*Ferula*, *Ferulago*). Boissements de *Pistacia atlantica* et *P. khinjuk* avec *Crataegus azarolus*, *Prunus tortuosa*, *Amygdalus orientalis*. Abondance de *Stipa barbata*. Astragales épineuses particulières.

5. Action de l'homme.

Sur toute l'aire jézéro-mésopotamienne, berceau de très anciennes civilisations, les actions anthropozoïques se sont exercées au cours des millénaires et se poursuivent. Leur nature, leur modalité et leur intensité varient selon les régions.

Ces actions se sont exercées d'une part sur le sol, d'autre part sur la végétation. Concernant le sol, sont particulièrement à noter : des terrassements parfois importants mais restreints dans l'espace (fouilles et accumulations pour constructions d'habitations (tells), de forteresses, de digues, de barrages); ou plus superficiels mais plus étendus : (labours et dégradation de la surface par le piétinement des troupeaux favorisant l'érosion éolienne)...

Les tells sont fréquents dans tout le Nord de la dition. D'origine artificielle selon l'opinion commune chez les archéologues, ils sont les témoins de centres urbains morts et non le résultat de phénomènes éruptifs comme on l'a autrefois avancé. Leur alignement, souvent constatable, qu'expliquait de toute autre façon la théorie volcanique, tiendrait à des nécessités de communication à vue directe. Ces monticules résultent de l'accumulation de ruines d'agglomérations humaines successivement établies sur les mêmes emplacements, détruites par les envahisseurs au cours de la longue histoire de ces lieux, ou s'effondrant plus ou moins rapidement sous la pluie parce que construites de pisé ou de briques crues, matériaux encore habituels en ces pays.

La végétation du Croissant fertile a été très dégradée par une longue occupation destructrice de l'homme, citadin ou paysan, bûcheron, agriculteur ou éleveur. Les régions humides et sub-humides de la haute montagne, des avant-monts et des plaines qui s'y trouvent encastées, subissent déforestation, pâturage et culture, toutes pratiques pouvant être à l'origine de la création et de l'entretien d'habitats propices à la vie des criquets marocains solitaires.

Les actions de l'homme et de son troupeau ont davantage de conséquences et présentent leur plus grand intérêt dans les régions substeppeuses et steppeuses. Non seulement l'habitat, mais aussi (ce qui est de plus grande portée pratique) la grégation de *Locustotaurus* s'y trouvent toujours étroitement associés. Pour montrer l'exactitude et l'intérêt de ce point de vue, on insistera plus particulièrement sur la Jéziré syro-irakienne. Economies agricole et pastorale s'y sont tour à tour intriquées ou plus ou moins supplantées au cours des temps. Les établissements agricoles ne se sont guère maintenus que, d'une part, dans les vallées des deux fleuves allogènes de l'Euphrate (de celles aussi de ses affluents au cours permanent Balikh et Khabour) et du Tigre, sur des surfaces le plus souvent limitées par l'enceignement des lits, d'autre part, à proximité des sources de la base des avant-monts et du pourtour des massifs surgissant de la plaine, plus rarement de puits, ou encore dans les zones d'épandage de rivières temporaires. Tout le pays, jusqu'à une date récente, a été le domaine quasi exclusif des « badou » (bédouins) ou pasteurs nomades; cependant, vers la fin du xvn^e siècle, d'importantes parties septentrionales du pays connaissaient encore une agriculture relativement florissante. En conséquence de faits sociaux divers, cette agriculture régresse jusqu'à laisser à peu près complètement place, dans la steppe largement comprise, à un nomadisme que l'on a pu qualifier d'intégral, coexistant d'ailleurs avec d'une part les déplacements des bergers et troupeaux des demi-sédentaires, d'autre part une transhumance dont on

constate l'active survivance entre les plaines chaudes des piémonts et la montagne élevée, fait de nombreuses tribus : syriennes dans la Jéziré, kurdes dans la région assyrienne, lours dans celle irano-chaldéenne.

Le troupeau et ses bergers (ceux-ci ses asservis plutôt que ses maîtres) ont sévi partout, dégradant la végétation et modifiant la flore. Les petits buissons de chaméphytes ou de nanophanérophytes eux-mêmes, à défaut d'une végétation ligneuse plus importante à laquelle les conditions climatiques ou édaphiques n'ont peut-être jamais permis l'existence, sont coupés, arrachés, soit seulement pour constituer les plateformes destinées à l'édification des tentes, soit parce que leur maigre frondaison ou leurs racines, souvent très développées, sont indispensables à la satisfaction de besoins domestiques générateurs de destructions plus importantes parce que plus continues : cuisson des aliments et chauffage. Le tapis herbacé a été maintenu ras ou a disparu, cela particulièrement autour des centres d'abreuvement, points d'eau plus ou moins pérennes où, chaque année ou presque, viennent s'établir des villages de tentes. La prépondérance et l'extension des paranémophytes ont été favorisées : ces plantes résistent à la dent et aux pieds du bétail ou profitent de l'affaiblissement ou de la disparition des espèces appétibles.

En Jéziré, comme en d'autres points, la vie sédentaire tend actuellement à se développer à nouveau, plus même que par le passé, l'impulsion datant surtout du temps de la deuxième Guerre mondiale. Les céréales sans irrigation y occupent maintenant de vastes zones de la steppe atténuée de la partie septentrionale, hors celles trop accidentées, caillouteuses ou salées. Le blé est cultivé dans le Nord, le plus favorisé par les précipitations (> 300 mm); l'orge devient prépondérante, puis presque exclusif au fur et à mesure que, vers le Sud le climat devient plus sec et cela jusque vers la limite minimale pluviométrique approximative de 200 mm.

L'extension de la culture, surtout mécanisée, a progressivement et rapidement entraîné le refoulement du troupeau nomade vers et dans la steppe désertique.

Cependant, la fixation d'une population agricole n'implique pas ou plutôt n'a pas entraîné la disparition totale du bétail de la zone des cultures même extensives. Anciens et nouveaux sédentaires ont pratiqué l'élevage du mouton et le poursuivent comme appoint ou comme assurance contre les récoltes déficitaires. Dans les asselements où climatiquement la jachère s'impose, celle-ci est alors pratiquée non avec l'unique souci d'améliorer ou seulement de ménager les qualités productrices du sol et de maintenir l'importance des rendements, mais avec également celui de disposer de chaumes et de surfaces enherbées pour l'entretien du troupeau. Par ailleurs, les bédouins et leur troupeau

accru, refoulés vers le Sud, poursuivent, pour des raisons de survie, l'ancienne transhumance, intéressés désormais par chaumes et jachères occupant une partie de la steppe ancestrale transformée. L'ancien problème persiste ou plutôt s'est aggravé.

Pour diverses causes plus ou moins temporaires, des jachères risquent de se prolonger, de devenir des friches dont la végétation, soumise au surpâturage, est susceptible d'étendre le domaine des prairies sèches et rases et de constituer de nouveaux habitats pour le criquet marocain. Ce problème, d'intérêt très général dans toute l'aire de dispersion de l'espèce, déjà posé à différentes reprises en plusieurs pays, est l'un de ceux qui méritent la plus grande considération dans le cadre de la prévention des invasions acridiennes. Nous aurons l'occasion de nous intéresser, dans un chapitre ultérieur, à ses incidences actuelles et à ses conséquences.

6. Les habitats des solitaires.

La presque totalité des auteurs s'étant préoccupés de la question de *D. maroccanus* dans l'aire jézirémésopotamienne n'ont pas donné de renseignements explicites concernant la répartition de ses solitaires. Cette carence est due en partie au fait que, de leurs études, l'une, celle d'UVAROV (1933), d'ailleurs après visite très rapide des lieux, date déjà de 40 ans, et qu'une autre, celle d'EIG (1935), botaniste averti mais non un entomologiste, s'intéresse surtout aux « champs de ponte optimaux » des insectes des essaims. Le travail de BODENHEIMER plus récent (1944), basé sur des observations effectuées dans la région de Mossoul, où pourtant le solitaire existe comme nous le verrons plus bas, ne mentionne que le fait négatif de sa non-découverte.

a) Haute-Jéziré.

Quoi qu'on puisse penser du point de vue grégarigène des « réservations » d'UVAROV en Hte-Jéziré syrienne et irakienne, elles ne peuvent qu'appartenir à l'aire d'habitat de *D. maroccanus* solitaire.

D. maroccanus solitaire semble avoir été correctement reconnu et signalé en Hte-Jéziré turque par BALAMIR (1952) dans les vilayets frontaliers de Gaziantep, Ourfa et Mardine.

Des solitaires indubitables, très francs d'aspect et de comportement, ont été observés par nous à diffé-

rentes époques en de nombreux endroits de la région (fig. 11, p. 271). Le fait que la majorité de ceux-ci se trouvent en Syrie indique seulement que c'est dans ce pays que nous nous sommes le plus déplacés.

1) *Région de Zeidi* (au Nord-Ouest de Dj. Abd el Aziz) (fig. 21, p. 295) à l'Ouest de l'Oued El Ahmar : villages de Khweira, Khaldiyyé, Oum Hayaya, El Moutmachrej, Dahliz, Zeidi, Abou Chaikhati. La pluviométrie est là supérieure à 300 mm, l'altitude proche de 400 m. Tout y est favorable à la culture des céréales; mais un conflit sur la propriété avait empêché jusqu'en 1951 l'exploitation de la région : des troupeaux de moutons pouvaient donc s'y installer en grand nombre et le criquet marocain s'y trouvait en densité variable sur les collines (très souvent tells, ruines de vieilles civilisations) et les bords de nombreuses vallées. La couverture végétale était importante et variait entre 60 et 100 %. Quoique formée essentiellement de Graminées, y compris des tapis de *Poa bulbosa* et des prairies de *Stipa* elle contenait un grand nombre d'autres espèces. *Dociostaurus* s'y trouvait en minorité avec nombre de *Calliptamus* et de *Ramburiella*. Dès 1951, la culture mécanique s'implantait et en 1953 le tracteur labourait la presque totalité. *Dociostaurus* ne se trouve plus maintenant que sur les Tells et le long des petites vallées, devenues les seuls refuges des troupeaux d'un petit nombre de tribus semi-nomades.

Des conditions naturelles semblables à celles de la région de Zeidi s'étendent à l'Ouest de celle-ci jusqu'à Tell Azyad et Jérablous et à l'Est jusqu'à Qamichliyyé. Mais, dans ces contrées, l'espèce devient de plus en plus rare, les terres étant régulièrement cultivées depuis longtemps.

2) *Dj. Abd el Aziz* : Au pied du versant septentrional de la montagne se trouvent des agglomérations de demi-sédentaires. D'Est en Ouest ce sont : Bir el Zaid, El Khazné, El Gharra, Tell Moghr, El Jafr, El Badia, El Karan. Ces villages sont installés autour de puits permanents. De nombreux troupeaux font de ces lieux des gîtes surpâturés qu'habite le solitaire. Nous avons également trouvé des représentants de l'espèce dans les oueds à faible pente au Nord et au Nord-Est de la montagne. *Poa*

21



22



23



24



FIG. 21 à 24. — Habitats de *Doclostaurus* en Jéziré

- 21. Zeidi
- 22. Badiat el Hawass
- 23. Rejm el Hejjané
- 24. Kasra Cheikh Jomaa

25



26



FIG. 25-26. — Point d'eau à Kherbet Hadla

- 25. Rassemblement de moutons et surpâturage.
- 26. Essaim primaire de criquet marocain.

bulbosa et *Artemisia herba-alba* dominant et y existent aussi *Carex stenophylla*, *Ranunculus asiaticus* et *Phlomis bruquieri*.

En bas du versant Sud, ont également été observés quelques endroits favorables tels que Khneizir, Kseibé, et surtout Oum Madfaa, mais en nombre moindre que sur le versant Nord. La région de Troumbat qui semble avoir constitué un habitat très favorable est actuellement en culture.

Dans l'Est de la montagne, de rares individus ont été observés à Faïdat à 15 km à l'Ouest de Hassaké.

Dans l'Ouest de la montagne, les terres sont défavorables comme aussi dans l'Est jusqu'au Khabour; elles sont alors ou trop accidentées, ou trop calcaires ou trop salées.

3) *El Radd* : *D. maroccanus* solitaire se trouve sur et autour des « tells » artificiels parsemant la plaine, inculte jusqu'en 1953. A l'heure actuelle, tout le Radd est cultivé, à part ces collines dont certaines sont suffisamment grandes pour assurer la persistance de l'espèce, telles Abou Khedrafa, Abu Chery, Sultan Tloul.

4) *Dj. Sinjar* : Les piémonts immédiats, très accidentés, sont originellement défavorables à l'espèce ou maintenant cultivés. A quelque distance du pied de la montagne, *D. maroccanus* solitaire a été trouvé, à Khachmet Merkab et Tair (45 km au Sud-Ouest de Balad Sinjar), village établi près d'un puits permanent et dans la même région à Oum Dibane, lieu très fréquenté par les troupeaux. La contrée est très cultivée à présent et les refuges de solitaires sont les tells incultes, comme Abou Nousour, Jgheidine, etc. On le trouve aussi vers Tel Hayal (Sud du massif) et d'Hakakis (N.O. du massif), points remarquables sur lesquels il sera revenu dans l'étude des régions grégariques.

5) *Région de Mossoul* : Le solitaire se trouve sur de nombreuses stations des pâturages du massif de Tel Afar (50 km à l'Ouest de Mossoul) au bas S.E. de la chaîne, Adaya, Teyniyé, Tel Afar, etc. autant de lieux dont il sera plus loin question comme convenant à la grégariation.

b) Basse Jéziré.

— Dans la région de Raqqa, nous avons trouvé régulièrement de 1953 à 1964 des solitaires sur les stations suivantes caractérisées à la fois par la présence de l'eau (puits ou fleuve), par le surpâturage et l'existence de traces d'emplacement de tentes et de troupeaux (fig. 22-23) :

- (1) El Hamman : 30 km O. de Raqqa, rive droite de l'Euphrate
- (2) Safsafé : 45 km O. de Raqqa.
- (3) Kasrat Cheikh Jomaa (près de Raqqa).
- (4) Kreidi (sur collines dominant l'Euphrate au Sud de Raqqa).
- (5) Akeirché-Resafé (10-20 km S. de Raqqa) (nombreuses stations).
- (6) Hamra Nasser : 10 km Est de Raqqa.
- (7) Badiat-el-Hawass (Hraibché, Meizilé, Dachaghiyé, etc.).
- (8) Kaakaji (14 km N.O. de Raqqa).
- (9) Abou Wahl (30 km N. de Raqqa).
- (10) Ghabit (près de Mselem 55 km N.O. de Raqqa).
- (11) Harraniya (50 km N.O. de Raqqa) entourée par les cultures.
- (12) Bir Alayane (entre Aïn Issa et Douq Mghar) 55 km N.O. de Raqqa.
- (13) Douq Mghar.
- (14) Bir Guenno (30 km N.O. de Raqqa).

Actuellement l'emprise de la culture est devenue telle que les solitaires sont extrêmement rares et très localisés.

Toutes ces stations se présentent en steppe légèrement ondulée à sol gréseux et sableux, à l'exception de (3) et (4). La pluviométrie, plutôt faible, est plus élevée au Nord (> 250 mm à Ghabit, Bir Alayane) qu'au Sud (< 170 mm à Akeirché-Resafé); partout la rosée de printemps est appréciable.

Si certaines de ces stations nous sont apparues comme très peu favorables sinon défavorables à la grégariation (Ghabit, Kasrat Cheikh Jomaa, Douq Mghar) (fig. 24), d'autres telles que El Hamman et surtout Badiat El Hawass avec ses centres (Khafiyé, Joub Chair, Rejm El Hajjané, etc.) ont autrefois fonctionné comme régions grégariques et nous sont apparues de grand intérêt (cf. p. 299).

— Dans la région de Deir-ez-Zor, le solitaire a été trouvé dans les stations suivantes :

- (1) Hjaifate-Hjaif ez Zarrab (40 km N. de Deir-ez-Zor).

- (2) El Hemma et Thamad.
- (3) Margada (près de Souar 50 km N.E. de Deir-ez-Zor).
- (4) Dj. Maaza, Bir Moajjen (quelques km au Nord de Dj. Maaza), Abou Sirt.
- (5) Bir Hawache, Moazzer, Abou Rasein, Smeihane, Jwaif, Abou Arab, 55 km au Sud de Hassaké.

Topographiquement, ces stations diffèrent entre elles très sensiblement, les unes (1) se présentent comme une steppe légèrement ondulée à sol gréseux et sableux; d'autres telles que (2) et (3) ont encore un sol léger relativement gypseux et rocaillieux. D'autres en plaines telles que Bir Hawache et Moazzer présentent des terres relativement consistantes et peu gypseuses, parfois caillouteuses et pauvres comme les sites de Abou Rasein, Jwaif et Abou Arab. Enfin si dans la région de dj. Maaza, Bir Moajjen ainsi qu'Abou Sirt le pays est presque une plaine, nous avons trouvé des solitaires jusqu'au sommet de la montagne (alt. 375 m).

Une pluviométrie partout très faible, de l'ordre de 150 mm est corrigée par une rosée de printemps appréciable. La végétation naturelle relativement variable, est souvent constituée par *Poa bulbosa* couvrant le sol à 50-100 % et que remplace progressivement *Carex stenophylla*. Le surpâturage est intense sauf en quelques points dépourvus d'eau d'abreuvement tels que El Hemma et Thamad. Partout ou presque se présentent de faibles cultures de céréales irrégulièrement disséminées. *Dociostaurus* n'y existe jamais en population notable.

7. Les grégariens et les régions grégariennes (fig. 11, p. 271).

a) Historique.

Un petit nombre de données d'archives et nos observations sur le terrain nous permettent dès à présent d'affirmer la pluralité des points d'origine des invasions dans l'aire jéziro-mésopotamienne, pluralité postulée par l'une des hypothèses formulées p. 313.

Jusqu'en 1953, la localisation des régions grégariennes n'était que très vaguement ébauchée (rareté des recherches, imprécision des observations, faible temps

consacré par les chercheurs sur le terrain). De plus un vocabulaire inadéquat a obscurci les conclusions et a nui à la qualité des observations, toutes ayant été faites à une époque où l'existence de divers faits et processus n'était que superficiellement connue. Quoi qu'il en soit, des mots ou expressions incorrectement choisis ou mal définis ont été utilisés tels que « reservation », « original reservation », « secondary reservations » (UVAROV, 1933), « réserves, champs de ponte potentiels ou effectifs, optimaux ou non » (EIG, 1935); « foyer principal de propagation » (ATALLA & HASSIBI, 1931); « breeding centres », « secondary distribution areas » (BALAMIR, 1952). On notera d'ailleurs que d'autres, ayant même été internationalement acceptés, tels que « outbreak centres », « outbreak areas », se sont avérés de sens littéral insuffisamment précis pour n'être pas détournés de celui spécial qu'on aurait voulu arbitrairement leur imposer.

BALAMIR (1952) signale un « breeding centre » ou réserve de premier ordre aux environs d'Islahiye (village de Gaziantep), une réserve secondaire à Hassa (village d'Hatay ou Antakya); mais il est difficile d'identifier ces points avec des lieux grégariens, l'auteur turc ne précisant pas les données l'ayant guidé vers ses conclusions. Notre connaissance de la région nous pousse à croire que ce seraient plutôt des stations à solitaires.

UVAROV dans son travail sur l'écologie du criquet marocain en Irak et en Syrie (1933), indique pour ces deux pays plusieurs « réservations ». Etant donné le caractère rapide et préliminaire de son étude, il ne pouvait donner la liste complète des stations y pouvant exister. Si ces stations paraissent généralement appartenir à l'habitat des solitaires, les raisons avancées ne sont pas suffisantes pour admettre que toutes correspondent réellement à des foyers ou régions grégariennes. Celles situées en Syrie, au Nord de Hassaké (tells aux sols durs et incultes de Ker Hassar, Kherbet Topou) ont pu être des foyers grégariens au moment de la mission de l'auteur (1932) mais la région est depuis restée en permanence sous culture sèche. Nous n'avons même pas pu y retrouver des solitaires. Suivant toujours le même auteur, la province d'Alep ne serait, pour des raisons climatiques, qu'une région d'invasion ne contenant donc pas de lieux d'habitat permanent de solitaires. Ces vues sont en confor-

mité avec les conclusions tirées de l'étude des invasions au cours des quarante dernières années.

De Balad Sinjar à Mossoul, le Sud des massifs montagneux ne présenterait que des caractéristiques édaphiques probablement impropres à l'existence de « réserves ». Par contre, dans le massif même de Tel Afar, celle-ci serait possible. Relativement à ces assertions, on notera qu'une région grégarigène a cependant fonctionné au Sud de Dj. Sinjar en 1952-1953 (cf. p. 301); nous considérons le massif de Tel Afar et ses régions immédiatement méridionales comme une des régions les plus favorables à la reproduction permanente de *Doclostaurus maroccanus*, bien que BODENHEIMER n'y ait pas trouvé de solitaires.

Toujours d'après UVAROV, les principales « réserves » dans le Liwa d'Arbil se trouveraient sur les parties basses des collines de Zirga Zarou (Demir Dag). Dans celui de Kirkouk, les seuls endroits ayant paru convenables seraient les pentes des collines bordant la plaine comme par exemple Chekirge Zirar, près de Taouk (S.E. de Kirkouk). Nous n'avons malheureusement pas pu visiter ces deux Liwas.

L'auteur, signalant aussi des « réserves » dans le Nord presque immédiat de Khanaqin, se déclare sûr que la zone les renfermant ne se termine pas là et se prolonge beaucoup plus vers le Sud. Le premier point est corroboré par le fait que nous avons repéré dans la région précisée des champs de pontes denses en 1951, au moment où toute l'aire d'invasion jézéro-mésopotamienne était indemne de grégaire, ce qui tend à démontrer son rôle propre comme région grégarigène. L'assertion d'UVAROV et nos propres conclusions se sont trouvées confirmées par un nouveau fonctionnement de la région Khanaqin-Mehran comme région grégarigène en 1969-1970. Notons à ce sujet que ROOKE (1930) avait suggéré que l'invasion se développait d'abord dans le Liwa de Mossoul pour s'étendre ensuite vers l'Est et le Sud-Est.

UVAROV constate enfin que les « réserves » qu'il a localisées se trouvent situées à proximité de l'isohyète 350 mm, celle de 250 mm coïncidant assez bien avec la limite méridionale de l'aire d'invasion.

b) Les régions reconnues grégarigènes.

Les régions grégarigènes découvertes en plein fonctionnement au début de l'apparition du comportement grégaire et consécutivement à plusieurs années de rémission totale (1949-1952) sont les suivantes (fig. 11):

Hors du Croissant Fertile :

- Kherbet-Hadla, 40 km Nord-Ouest de Raqqa;
- El Hawass (Joub Chair, El Khafiyeh, Rejm el Hajjané) à 40-50 km Est de Raqqa;
- El Hammam, 15-20 km Sud-Ouest de Raqqa.

Dans le Croissant Fertile :

- Hakakis : limite Nord-Ouest de Dj. Sinjar, au bord de la plaine;
- Tell Hayal, Sud de Dj. Sinjar;
- Tell Afar (Addaya, Oum Tiniyé).

b1) Régions grégarigènes hors du Croissant fertile.

Dans cette subdivision seront successivement examinées les trois régions sus-désignées qui se caractérisent non seulement par leur position légèrement excentrique par rapport au Croissant Fertile mais également par une pluviométrie faible et le fait qu'elles n'avaient jusqu'ici été soupçonnées et que leur découverte et l'observation de leur fonctionnement a résulté de nos propres investigations.

1) Kherbet Hadla (40 km Nord-Ouest de Raqqa).

En 1953, cette région de quelques centaines de kilomètres carrés n'était pas encore envahie par la culture mécanisée et restait vouée au pâturage. C'était à l'époque à Kherbet Hadla que se trouvait le puits le plus important de la région. En conséquence, un grand nombre de troupeaux s'y trouvaient rassemblés en début d'été (fig. 25-26).

Le 3 juin 1953, parmi le rassemblement des tentes et des animaux, des aîlés accouplés et en train de pondre se rencontraient sur une superficie d'environ 100 ha; leur densité atteignait jusqu'à 15 au m². Le peuplement s'étendait bien au-delà de la surface occupée par les tentes. Entre 11 et 13 heures, au-dessus du campement, un grand nombre d'aîlés tenaient l'air longtemps, leur nombre étant entretenu par des envols spontanés.

A proximité plus ou moins immédiate du puits existaient de petites cultures mûres de céréales (blé-orge)

sur labour à l'araire. Dans un petit ravin voisin étaient même cultivés quelques légumes gravement attaqués par les sauterelles.

Pour les pasteurs, la population acridienne en cause s'était développée sur place. Le fait ne peut être autrement prouvé que par la déclaration des pasteurs. Il reste cependant vraisemblable que les larves grégaires ayant donné ces aîlés eux-mêmes grégaires devaient avoir évolué dans les environs plus ou moins immédiats du puits.

Si malheureusement il n'a pu être recueilli de renseignements sur le comportement même de ces larves, la grégarité des individus constituant le petit essaim observé était telle qu'il est à penser que la grégarisation initiale datait de l'année précédente et avait eu lieu dans les plaines et vallons incultes à faible pente s'étendant sur de vastes superficies autour de la station.

Topographie et végétation de la région s'avéraient propices à la persistance et à la reproduction d'essaïms primaires, conditions indispensables au fonctionnement efficace d'une région grégarigène.

2) *El Hawass* (Joub Chair, El Khafiyeh, Rejm el Hajjané; 40-50 km ENE de Raqqa). L'existence de cette vaste région grégarigène a été soupçonnée le 13 mai 1953. Quelques larves de stade V et de nombreux imagos couvraient des dizaines de km² à Khafiyé à des densités de 15-20 par m². Les aîlés stridulaient; un petit nombre avait même commencé à s'accoupler. Légèrement ondulée, non cultivée à l'époque, intensivement fréquentée par les troupeaux de moutons, la région proche de l'Euphrate et pourvue de puits permanents semblait d'emblée s'imposer comme région grégarigène. Nous avons pu reconstituer les faits de 1953 d'après des témoignages: l'éclosion fut relativement tardive comme le furent aussi les pluies de printemps. Des groupes denses de jeunes larves étaient apparus en divers endroits; des bandes se formèrent qui dérangerent les troupeaux et inquiétèrent les bédouins. Fin avril - début mai de fortes pluies tardives auraient entraîné l'extension des acridiens à l'ensemble de la région. Aucun doute ne subsistait: il s'agissait là du déclenchement d'un nouveau départ d'invasion. Les individus aîlés étaient nettement congriégiens. Des investigations ultérieures au cours de la même saison montrèrent que l'infestation était déjà largement étendue au sein d'une zone de plusieurs centaines de km². Il était à suppo-

ser que les phénomènes de denser et de grégairisation avaient dû commencer dès 1951-1952.

Le 5 juin, à Khafiyé et Rejm el Hajjané nous observions des vols spontanés et continus en petits groupes à 17.30 h et à faible altitude (1-1,5 m au-dessus du sol), la température à 1 m étant de 34 °C. Les individus étaient très excitables. Ce comportement typique du grégairisme se manifestait partout.

Ainsi à Joub Chair (puits important à 50 km à l'Est de Raqqa) ancien tell avec amoncellement de ruines actuelles, des populations de *Docostaurus* existaient en copulation et oviposition. Le vol spontané était activé très commune; au passage d'une voiture les vols individuels provoqués dépassaient 50-70 m. Près des tentes la densité était plus élevée. Jusqu'à 50 individus au m² furent observés à l'Est, au Sud et au Sud-Est de ces régions, généralement en des endroits limités comme Aogla (Est de Joub Chair) Khfayane (S. de Aogla) se concentrant sur le pourtour extérieur des cultures pour leur nourriture et surtout pour la ponte.

Les éclosions du printemps 1954 confirmèrent l'existence de la région grégarigène. Des bandes larvaires très denses ont paru et ont dû être attaquées sur des milliers d'hectares. L'étendue des surfaces occupées, la ténacité avec laquelle les sauterelles rescapées se regroupaient ont rendu insuffisants les moyens déployés pour la destruction, et des pontes ont de nouveau eu lieu dans les mêmes régions et jusqu'à 20 à 40 km à l'Est, 10-15 km au Nord et 10 km au Sud de Joub Chair. La campagne de printemps de 1955 a mis fin à ce début d'invasion. La culture mécanisée prit la relève à partir de 1956, mais d'une façon irrégulière et discontinue, comme nous le verrons plus loin.

3) *El Hammam* (15-20 km Sud-Ouest de Raqqa). La proximité du fleuve dont elle borde les deux rives, la tardivité normale des pluies de printemps favorisant une végétation assez riche quoique de durée précaire, la distance relativement courte la séparant du grand marché d'Alep, ont toujours fait de la région de Raqqa une région très recherchée par les troupeaux.

Des solitaires y avaient été observés en 1953. En 1954, des aîlés grégarigistes solitariformes, à des densités allant par endroits jusqu'à 20-50 au m², étaient repérés au Sud de Kasra Cheikh Joma'a et à Kridi, sur la route de Resafé.

En 1955, de petites bandes avaient paru dans la région qui se concentrèrent dans les dépressions et dans les vallées convergeant vers l'Euphrate, parfois à l'intérieur des cultures à l'aire. La région grégarigène était en plein fonctionnement de Hammam à Safsafé, 15 km plus à l'Ouest. Malgré les opérations de lutte, des vols spontanés se produisaient encore à Hammam fin avril, de petits essaims nouvellement formés ayant échappé à la lutte et atteint les villages environnants; ces populations ailées, à densités au sol de 10 à 20 au m², avaient même couvert de vastes régions à l'Est de la route de Raqqa à Resafé. En 1956, la lutte, bien organisée, a mis fin aux manifestations grégaires.

Bien que réellement région grégarigène, la région de Hammam semble moins propice à la grégariation que celle de Hawass; il semble convenable d'en rechercher les raisons dans une topographie plus tourmentée, une pluviométrie plus faible et rapidement décroissante vers le Sud.

Comme dans les deux précédentes, la culture sèche, discontinue et techniquement déficiente, a envahi de vastes parties de cette région depuis 1956.

Discussion.

Les trois régions ci-dessus décrites se trouvent dans un rayon de 50 km autour de Raqqa où la pluviométrie est d'environ 200 mm sinon moins. Comparativement à d'autres régions grégarigènes (Europe occidentale, Algérie, Iran) cette quantité semble très faible; mais nous avons noté que, dans cette partie de l'aire, un pourcentage important de pluies printanières sont relativement tardives (cf. p. 283) donc mieux utilisées par la végétation et ainsi favorables à l'insecte.

Les bédouins pasteurs dans la région en sont bien conscients et citent le proverbe suivant : « Indakhal ayar, ikhchal gharag wattayar » : « Une fois que mai commence, il faut craindre inondations et sauterelles volantes ». On rapporte d'ailleurs fréquemment que d'abondantes rosées s'observent dans le pays, rosées qui pourraient être une source d'eau complémentaire non négligeable. Les idées des bédouins concernant les ailes sont également significatives. A l'époque où l'on pensait officiellement que les invasions provenaient toujours de l'Est (de l'Iraq), les bédouins de Kherbet Hadla et de Hawass, pro-

fondément inquiets en 1953, estimaient que les sauterelles présentes étaient des habitants permanents du lieu. De fait, le plus jeune berger reconnaissait *D. maroccanus* parmi plusieurs autres espèces d'Acridiens lui étant présentées. De l'importance de la population acridienne locale et de son comportement, les bédouins déduisaient que ces phénomènes étaient présage d'une nouvelle période d'invasion. Intéressante est aussi leur conviction que les sauterelles sont les parents des sauterelles, ce que nous exprimons en mots peut-être plus scientifiques : les solitaires sont à l'origine des grégaires.

Malgré la précarité des documents du passé traitant le sujet, nos observations nous ont permis de démontrer le bien fondé des craintes exprimées, basées, elles, sur la longue expérience des autochtones :

— au cours des invasions pour lesquelles des rapports sont disponibles, la région de Raqqa s'est trouvée touchée par les essaims dès les débuts des invasions, et, au cours de celles-ci, sur une échelle très importante. Ainsi ATALLA & HASSIBI (1931) signalent des essaims ayant envahi la région de Balikh (Raqqa) en juin 1929, soit deux ans après le début de l'invasion des terres cultivées qui a duré de 1927 à 1934. Les superficies infestées de la région de Raqqa représentaient la même année (1929) 40 % de toutes les superficies infestées en Syrie. En 1930, les pontes (40 000 ha) dans la région au Nord de Raqqa (Jerablous - Aïn el Arab, partie de la province d'Alep à l'époque) représentaient 60 % des surfaces totales de pontes décelées en Syrie.

— En 1954, M. HRANT ZIKI, le plus ancien fonctionnaire agricole exerçant en Syrie, qui avait travaillé dans la région de Raqqa entre 1922 et 1926, nous a affirmé que les infestations, de 1922 à 1924, s'étendaient alors de Raqqa à la frontière turque et ne sont apparues que plus tard à Qamichliyé et à Hassaké. Ceci vient appuyer l'hypothèse de l'existence ancienne et du fonctionnement répété dans le temps des régions grégarigènes de Raqqa.

b2) Régions grégarigènes dans le Croissant fertile.

1. *Hakakis* (aux confins Nord-Ouest de Dj. Sinjar, à 37 km O-N-O de Balad Sinjar) (fig. 20). La région

steppique de Radd, située au Nord de Dj. Sinjar, a toujours été le théâtre d'infestations vastes et très denses durant les invasions. Les nombreux tells artificiels qui parsèment la plaine servaient de lieux préférentiels pour la ponte des grégaires; ce sont toujours des habitats permanents de solitaires. Toutefois, les foyers grégarigènes devaient être cherchés ailleurs. La plaine de Radd exempte de cailloux, au sol de texture apparemment loessique, ne paraît pas être un substrat favorable aux solitaires. Une première visite en mai 1953 nous permit de discuter longuement avec les habitants de cette plaine; tous affirmaient que les essaims, au début des invasions, provenaient du Sud. Ceux des villages yezides du pied des pentes septentrionales du Djebel, étaient au contraire unanimes à dire qu'ils provenaient du Nord. Les essaims primaires devaient donc selon ces dires avoir pour origine une bande de terrain située entre la montagne et la plaine, à rechercher à l'intérieur d'une zone de 60 km de largeur.

Nous avons étudié cette bande; elle se trouve sur le territoire irakien à une quinzaine de kilomètres au Sud de la frontière syro-irakienne. Elle est constituée d'une série de collines, incisées par des vallons de 10 à 20 m de profondeur vers le bas de la montagne, de moins en moins profonds et plus larges vers la plaine. Le fond des vallons était couvert à 100 % de Graminées (*Poa bulbosa* et diverses espèces annuelles de *Bromus*). Le sol, en général plus compact dans la zone des collines que dans la plaine, est par endroits, surtout sur les parties sommitales et les pentes, quelque peu graveleux. Au début avril 1953, sur ces derniers endroits la couverture végétale ne dépassait pas 60 % (elle semble d'ailleurs devoir varier plus ou moins considérablement d'année en année). Elle était constituée en partie de *Poa bulbosa*. Le fond des vallons, moins graveleux sauf très localement, était couvert à 100 % d'une végétation plus élevée à base de *Poa* et surtout de plusieurs espèces de *Bromus*. Comme en de nombreuses autres régions, des cultures très pauvres et presque insignifiantes sont disposées dans la zone des collines dont les caractéristiques géomorphologiques et végétationnelles permettent l'entretien d'un nombre élevé de troupeaux.

À l'époque de la visite, les éclosions n'avaient pas encore commencé. Cependant, par l'expérience acquise ailleurs, la région nous a paru de grand intérêt. Topographie et végétation nous amenaient à penser que, à partir des lieux de ponte, sur le haut des pentes, les

larves étaient éventuellement susceptibles de se déplacer depuis ces zones à sol nu ou à végétation courte vers la végétation plus fournie du fond des vallons où elles se concentrent et achèvent leur développement.

La visite suivante ne put être entreprise qu'en fin de saison, le 8 juillet. Elle permit de déceler à Hakakis une population d'adultes congrégans en copulation et oviposition, à des densités de 6 à 20 au m², en de nombreux points au bas des collines et au fond d'une vallée un peu humide. Il y avait dans la région un grand nombre de tentes et de moutons. Les bédouins déclarèrent que cette population était le reliquat d'une population ailée plus considérable ayant existé dans la région depuis plusieurs semaines et qui spontanément allait et venait dans les environs. La même situation nous a été décrite à Sehel (station frontalière à 5 km à l'Ouest de Hakakis).

La région Hakakis-Sehel s'est en définitive montrée très propice à la reproduction de *Doclostaurus*, à sa grégation, à la formation d'essaims primaires et à la multiplication de ces derniers.

2. *Tell Hayal* (30 km Sud-Ouest de Balad Sinjar, aux confins Sud du massif) (fig. 20). La région est topographiquement comparable à la précédente. En avril 1953, une visite au poste B 54 à la frontière syro-irakienne nous permit de trouver des coques ovigères vides et vieilles de *Doclostaurus* probablement déposées en 1951 à des densités de 100 au m². Au printemps de 1952 l'infestation larvaire avait été réduite par les services agricoles de Sinjar. Les collines au voisinage de ce poste qui nous sont apparues comme non favorables à l'habitat permanent des solitaires ne sont que zone de reproduction des grégaires. Des essaims primaires avaient dû arriver là dès 1951.

Une deuxième visite en juillet 1953 nous permit de savoir qu'au printemps de la même année, des infestations larvaires avaient été exterminées à Badia (20 km S.S.O. de Tell Hayal) et qu'en juin, 1 300 ha de pontes très denses avaient été délimitées dans la région de Tell Hayal et Markab El Teir. Les bédouins nous rappelèrent la présence, depuis plusieurs semaines de petits essaims rodant sur les collines avoisinantes. En 1954, des opérations de lutte furent entreprises contre les larves à Dibchiyé, dans les environs d'Abouhneich alors que les tracteurs avaient déjà retourné l'ensemble de la région.

Ainsi étant donné l'absence de toute manifestation grégaire aux alentours même lointains de Dj. Sinjar, la possibilité de grégarisation au Sud de ce massif est établie pour la première fois. Restent à préciser les conditions de permanence en cette région (surtout de Tell Hayal qui paraît particulièrement propice) l'habitat des solitaires et l'aspect des foyers grégarigènes.

3. *Région de Addaya-Oum Tiniyé* (fig. 20). A 50 km à l'Ouest de Mossoul, appartenant au massif de Tel Afar, se trouve l'une des régions qui nous a paru des plus favorables à la reproduction permanente et à la grégarisation du Criquet marocain. Elle est constituée d'un ensemble de collines près du Dj. Sinjar avec légère pente générale vers le Sud-Est dans la plaine steppique.

De très vieux villages s'y trouvent : Addaya, Oum Tiniyé, Mahallabiyé, etc. qui sont d'après les propres termes des indigènes « les capitales du criquet marocain », soulignant par là leur rôle comme sources des invasions d'une espèce qu'ils distinguent parfaitement et dont ils connaissent la présence annuelle.

En 1943, BODENHEIMER avait observé à Tiniyé une région grégarigène en plein fonctionnement. En avril 1953, des concentrations larvaires furent combattues à Sheikhan. En mai-juin 1953, des vols spontanés de petits essaims (essaims primaires) furent observés à Oum Tiniyé. En 1954, des infestations à faible densité furent observées.

Discussion.

Nos observations sur le fonctionnement des foyers grégarigènes dans la région de Dj. Sinjar et de Tel Afar sont confirmées par divers faits du passé.

Alors que documents et organismes officiels ne rapportaient les nouvelles des essaims qu'après le départ massif des invasions, comme par exemple 1942-1948 pour la dernière grande pullulation, les bédouins indigènes et les pionniers agricoles de la région m'ont décrit avec précision ce qu'ils avaient eu à subir des criquets entre 1936-1939 : leurs dires correspondraient bien à l'évolution d'essaims primaires.

Les phénomènes apparaissent encore plus nets dans la région de Mossoul. Avant l'intervention de

la taxonomie moderne, on y distinguait, déjà, le Criquet du Nord (*D. maroccanus*) (ROOKE, 1930) et le Criquet Nejd (*Schistocerca gregaria*), criquet du Nejd (Arabie). Concernant le « Criquet du Nord », la documentation irakienne le signale comme espèce indigène pullulant annuellement, à partir de 1920, dans la région à l'Ouest de Mossoul et envahissant ensuite les Liwas de Arbil et de Kirkouk, puis ceux de Baghdad, Duleim, Kout et Amara. Bien que nous n'ayons pas visité les Liwas de Arbil et Kirkouk, tout nous pousse à penser qu'en Irak, la région du massif de Tel Afar, à l'Ouest de Mossoul constitue la région grégarigène la plus importante du pays.

D'autre part, même compte tenu des possibilités d'échange entre diverses régions grégarigènes, une de celles-ci, indépendante ou non, existe certainement à Khanaqin. Cette existence est prouvée par l'étude des invasions passées, par nos observations de champs de ponte en 1951 et par l'apparition de nouveaux essaims en 1968-1969 (région de Khanaqin-Meheran iranien).

Une constatation particulièrement significative est à faire ici. A part la région grégarigène de El Hammam, très marginale par rapport au Croissant fertile, où le grégarisme ne s'est manifesté qu'en 1955, toutes les régions grégarigènes de l'aire jéziro-mésopotamienne ont pratiquement fonctionné simultanément. Elles n'ont été découvertes et prospectées qu'en 1953 mais la grégarisation y a certainement commencé plusieurs années auparavant, en particulier dans la région de El Hawass (Raqqah) et au Sud de Dj. Sinjar où des essaims primaires ont dû se former à partir de 1951-1952.

Le cas de Deir ez Zor, à 140 km S.E. de Raqqah pourrait expliquer la grégarisation de 1955 à El Hammam. Cette année-là, les pluies de printemps s'élevaient seulement à 24 mm (20,2 % de l'année) pour une moyenne de 59 mm (33,3 %); calculé par rapport à la pluviométrie moyenne annuelle, le pourcentage ne représente que 13,5 %.

Le fait que tous les habitats du Criquet marocain sont des lieux de pâturage n'est pas nouveau. La presque totalité des foyers grégarigènes de la dition (des centaines formant diverses régions grégarigènes)

se trouvent près d'un village permanent habité de semi-sédentaires, d'un puits presque toujours en eau permettant la présence prolongée des troupeaux et cause du surpâturage. En une région seulement (Khafiyé) il n'existait pas de village mais le pâturage y dure plus tard au printemps qu'ailleurs. Ainsi pour toutes les régions grégarigènes, le facteur déterminant indirect de leur existence et de leur fonctionnement nous a paru être avant tout la présence quasi pérenne de l'eau d'abreuvement (puits) qui conditionne la présence du mouton et de l'homme.

La conclusion ci-dessus nous a été confirmée par une constatation négative. Dans le district de Raqqa, régions de Toual el Aba et Dj. Bichri, nous avons été d'abord surpris de ne repérer aucun lieu paraissant susceptible d'être grégarigène. Ces vastes zones, cependant similaires à celles de Kherbet Hadla tant par la constitution du sol que par celle floristique de la végétation, différaient en définitive nettement de celle-ci (le surpâturage est lié dans cette dernière à la présence d'un puits ayant permis l'installation d'une cité antique) par la faible intensité du pâturage et le non-tassement du sol.

Les constatations et déductions précédentes nous ont permis, en juillet 1953, de délimiter, en un mois environ, les régions grégarigènes en Jéziré, planifiant très simplement nos recherches sur le terrain : rencontre des bédouins pasteurs sur leurs lieux de séjour de quelques importance; obtention de renseignements sur la richesse et la pérennité des différents points d'abreuvement; sur l'observation, réalisée cette année et même auparavant, de Criquets marocains en bandes ou essaims, de dégâts aux cultures ou même au pâturage; sur enfin la prospection écologique rapide (impact anthropozoïque sur le sol et la végétation) des zones ainsi reconnues intéressantes.

Toutes les régions grégarigènes de la dition présentent, au voisinage des foyers, de petites surfaces de cultures de céréales, pauvres, établies sur labour très léger à l'araire. Bien que nous n'ayons pas eu l'occasion de suivre toutes les étapes du processus de la grégarisation, surtout la première généralement admise, à savoir la pullulation des solitaires dans les régions grégarigènes, nos observations et déductions confirment et même précisent que celle-ci,

obligatoire ou non, est, au cours d'une année ou d'une série d'années sèches, suivie de la densation de partie des populations sur les points à végétation restant plus tardivement verte. Les bandes et essaims primaires éventuellement formés n'ont de devenir que si d'une part leurs dimensions et leur nombre et d'autre part topographie et végétation leur permettent de maintenir leur cohésion, également de se rejoindre, et leur offrent possibilité de reproduction en groupe de quelque importance.

C'est dans l'aire jéziré-mésopotamienne que les diverses conditions ci-dessus nous ont paru être réalisées dans leur plus parfaite expression.

8. Autres espèces acridiennes.

Des *Calliptamus*, des *Ramburiella* se montrent nuisibles en de nombreuses occasions sur la presque totalité de l'aire Jéziré-mésopotamienne.

Nous avons été les premiers à signaler des petites bandes de *Sphingonotus* sp. en marche à Hjaifait (Nord de Deir-ez-Zor), El Hawas (Raqqa) et des dégâts d'ailés de *Sphingonotus* sur cotonnier irrigué sur les bords de l'Euphrate à partir de 1951. Les ailés passent la nuit sur les bords incultes du fleuve. Dans la matinée ils volent spontanément et individuellement par étapes de 20-30 mètres mais en des vagues continues vers les cultures irriguées (coton). Le soir, vers le coucher du soleil, les ailés quittent les champs et reviennent aux bords non cultivés. Il y a une génération par an et les pontes ont lieu sur les terres nues non cultivées à texture graveleuse et sableuse.

Les espèces suivantes ont été signalées par les divers auteurs dans la dition (1) :

PAMPHAGIDAE

- Eremopeza gibbera gibbera* STAL.
- Eremopeza gibbera lata* UVAROV
- Eremopeza gibbera angusta* UVAROV
- Eremopeza festiva* SAUSSURE
- Eremotmethis carinatus* FABRICIUS
- Tmethis pulchripennis asiaticus* UVAROV
- Utubius syriacus* BOLIVAR
- Utubius syriacus syriacus* BOLIVAR
- Utubius syriacus zahrae* UVAROV
- Paranocarodes opacus* BRUNNER VON WATTENWYLL
- Nocaracris cyanipes* FISCHER DE WALDHEIM

(1) D'après une liste préparée spécialement pour ce travail par Dr N. JAGO du « Centre for Overseas Pest Research », Londres, basée sur les travaux de HARIKI, WEIDNER, FISHELSSOHN et SHUMAKOV et sur ses études récentes dans quelques régions.

PYRGOMORPHIDAE

- Tenuitarsus angustus* BLANCHARD
Chrotogonus homalodemus homalodemus BLANCHARD
Pyrgomorpha conica deserti BEI-BIENKO

ACRIDIDAE

Eyprepocnemidinae

- Eyprepocnemis plorans* CHARPENTIER
Thislocetrinus dorsatus FISCHER de WALDHEIM
Heteracris adspersa REDTENBACHER
H. littoralis similis BRUNNER VON WATTENWYL
H. buxtoni UVAROV

Cyrtacanthacridinae

- Anacridium aegyptium* L.

Tropidopodinae

- Tropidopoda cylindrica obtusa* UVAROV

Derycorytinae

- Derycorys albidula* SERVILE
D. tibialis PALLAS

Calliptaminae

- Calliptamus coeleysiensis coeleysiensis* GIGLIO-TOS
C. barbarus barbarus COSTA
C. tenuicercis TARBINSKY

Truxalinae

- Truxalis grandis* KLUG
T. mesopotamica DIRSH
T. eximia eximia EICHWALD

Gomphocerinae

- Pallasiella turcomana* FISCHER de WALDHEIM
Chorthippus (Glyptothrus) brunneus brunneus THUNBERG
C. loratus FISCHER de WALDHEIM
C. biguttulus
Doclostaurus tartarus STSCHEKANOVZEV
D. hauensteini BOLIVAR

Notostaurus anatolicus KRAUSS*Ochrilidia acuta* BOLIVAR*O. uvarovi* SALFI

Acridinae

- Duroniella fracta* KRAUSS
D. laeviceps UVAROV
D. laticornis KRAUSS
D. aff. volucris UVAROV
Acrida oxycephala PALLAS
Aiolopus simulatrix simulatrix WALKER
A. strepens LATREILLE
A. thalassinus thalassinus FABRICIUS

Oedipodinae

- Acrotylus insubricus inficitus* WALKER
Oedaleus decorus GERMAR
O. senegalensis KRAUSS
Pyrgodera armata FISCHER de WALDHEIM
Hilethera hierichonica UVAROV
H. maculata KARNY
Mioscirtus wagneri KITT.
Oedipoda miniata miniata PALLAS
O. aurea UVAROV
O. schochii SAUSSURE
O. ledereri SAUSSURE
Heloscirtus moseri SAUSSURE
Sphingonotus theodori UVAROV
S. rubescens rubescens WALKER
S. vosseleri KRAUSS
S. savignyi SAUSSURE
S. octofasciatus SERVILE
S. obscuratus obscuratus WALKER
S. satrapes satrapes SAUSSURE
Sphingoderus carinatus SAUSSURE
Leptopternis gracilis EVERS-MANN
Hyalorrhhipis clausii KITTARI

CHAPITRE 4

ÉCOLOGIE COMPARÉE DE *D. MAROCCANUS* SOLITAIRE
DANS SON AIRE TOTALE DE RÉPARTITION

Sous ce titre, nous n'envisageons que l'écologie des solitaires du criquet marocain sans insister sur celle des congrégés de l'espèce et en ignorant celle des grégaires. Au sujet de ces derniers, il nous suffira de rappeler qu'en période d'invasion, s'ils sont susceptibles de se présenter sur des points permettant par ailleurs la vie des solitaires et celles

des congrégés, les grégaires peuvent en de nombreuses circonstances déborder plus ou moins largement les limites de l'habitat des solitaires, accroissant ainsi l'aire de dispersion totale de l'espèce; les sites occupés par les grégaires peuvent être fort différents des habitats typiques des solitaires.

A. PRÉSENTATION DES FACTEURS ESSENTIELS.

Une caractéristique de la distribution des solitaires est la fragmentation de son aire totale de dispersion. On trouve parfois l'espèce répartie à densités variables non homogènes sur la totalité de très grandes surfaces, de l'ordre du km² et même de plusieurs dizaines de km²; nous avons rencontré ce cas dans la vallée du Jourdain, également dans la région de Zeidi avant que n'intervienne la mise en culture. Par contre, il nous a été donné de rencontrer des points de dimension très restreinte sur lesquels des individus de *D. maroccanus* très peu denses ne se rencontrent que sur quelques dizaines de m² de la station (cas de Dj. Jaafar Tayar). Comme dimension intermédiaire d'habitat nous rappelons des stations qui hébergent l'espèce sur quelques dizaines d'ares comme à Smakté (massif des Alaouites).

On notera que certains de ces habitats de dimension très restreinte peuvent se rencontrer loin ou même très loin d'autres habitats petits ou grands (Oum el Qutein à l'Est de Mafraq qui se trouve à 75 km de Jarash, habitat le plus proche). De tels cas sont connus depuis longtemps en Algérie et en France. A une autre échelle, il est possible de trouver des régions relativement étendues peuplées de façon hétérogène, très éloignées d'autres régions habitées également grandes; cas du massif des Alaouites vis-à-vis des régions habitées les plus proches, celles de Nebek au Qalamoun oriental.

La topographie des stations à *Doclostaurus* et même leur dimension sont excessivement variables. Il s'agit tantôt de terrains plats, de plaines parfois très grandes, en tout cas sans relief notable (exemples: Badiat el Hawass, Zeidi, Hjeifat, etc.), tantôt des dépressions relativement grandes (Smakté) ou au contraire de dimension très restreinte (Rband). D'autres fois, il s'agit au contraire de dômes plus ou moins surélevés par rapport au sol environnant, relativement grands comme certains des Tells et les sommets dénudés des montagnes (Dj. Jaafar Tayar en Syrie, Tamgout en Algérie, Kabylie) (PASQUIER, 1953) ou de monticules de très petite dimension comme on peut trouver des exemples en Syrie, en Iran et en France. C'est parfois encore sur les pentes moyennement inclinées que l'habitat des solitaires se révèle.

Que les habitats des solitaires se rencontrent dans des zones géographiques très diverses, est une

vérité première. Si l'on considère seulement l'étendue de son aire de répartition: il est insulaire aux Canaries, Corse, Sardaigne, Sicile, Chypre; péninsulaire en Italie; il vit aussi en continent très massif (Proche-Orient, Iran, Ouzbékistan). La répartition altitudinale de ses habitats mérite d'être notée. Si on les trouve vers le fond de la fosse de la mer Morte (— 300 m), en de nombreux pays il a été signalé très peu au-dessus du niveau de la mer, notamment en France continentale et insulaire (Corse); ses habitats sont également fréquents jusqu'à des altitudes de 1 000 à 1 200 m. On les trouve cependant plus haut et même beaucoup plus haut, en Syrie (Jaafar, 1 320 m); au Maroc ils sont sur le Yagour (2 200 m); en Iran l'espèce est présente sur le Kalakouch (2 300 m).

Les différences de situation géographique auraient en elles-mêmes peu d'intérêt si l'on ne les reliait aux variations climatiques considérables qu'elles impliquent, tant en ce qui concerne les températures que la pluviométrie. Dans la fosse de la Mer Morte, Deir Alla (alt. — 224 m), les températures du début de l'été (celles qu'ont à subir les ailes pendant leur vie relativement courte) sont très élevées: la moyenne des maxima atteint 37,5° en juin; à Mossoul (alt. 223 m) la moyenne des maxima de juin atteint 39,5°; par contre à Nebek (alt. 1 300 m) dans le Qalamoun oriental, la température moyenne du mois le plus chaud atteint tout juste 23° (contre 29,2 à Deir Alla et 32,8 à Mossoul).

Si l'on considère les températures subies par les œufs dans le sol, nous noterons que la moyenne des minima du mois le plus froid (janvier) est de 10,0° à Deir Alla et seulement de 1,5° à Nebek. Les seules données disponibles concernent les températures sous abri; il est évident que les ailes et les œufs sont soumis à des conditions sensiblement différentes de celles mentionnées ci-dessus.

A la limite sèche de son habitat, celle sans doute la plus intéressante au point de vue des grégariations, le Criquet marocain peuple des stations recevant des précipitations moyennes annuelles voisines de 200 mm et peut-être même inférieures. Dans la région de Raqqa, il convient de noter qu'à la faible pluviométrie enregistrée (fig. 6 et tabl. 7) s'ajoutent

certainement des apports d'eau venant de source visible telle que la rosée, et peut-être aussi de source occulte telle que la condensation à l'intérieur du sol, apports sur lesquels nous n'avons que peu de connaissance.

Une pluviométrie supérieure à 400 mm caractérise déjà pour le Criquet marocain les habitats de type humide : ceux-ci se rencontrent par exemple en Turquie à Mardine et à Gaziantep, stations de faible altitude. En outre, l'espèce se maintient aussi de façon permanente dans des sites élevés et beaucoup plus arrosés comme c'est le cas en Syrie près de Slenfé (altitude 1 000 m, précipitations 1 200 mm) et en Algérie dans le massif du Djurdjura à Tizi bou l'ma (altitude 1 400 m, précipitations supérieures à 2 000 mm) (PASQUIER, 1953).

À côté des données brutes fournies par la pluviométrie moyenne annuelle, il serait intéressant de considérer les variations qui interviennent entre les saisons et entre les années. Nous avons montré page 257 et tableau 1, que ces dernières sont les plus accusées vers la limite sèche de l'habitat (ainsi à Raqqa, on a enregistré 112 mm en 1966 contre 455 mm en 1969).

Il est intéressant de considérer les variations du sol selon les divers habitats du criquet marocain; autrefois, du fait de la méconnaissance des conditions de vie de *D. maroccanus* solitaire et même de l'existence de cette phase de l'espèce, on admettait que le sol à *D. maroccanus* était un sol relativement compact et le plus souvent caillouteux, et même quelque peu rocheux. Aucune de ces vues n'est maintenant soutenable. Les quelques rares données disponibles en ce qui concerne les qualités chimiques des sols à *D. maroccanus* font apparaître leur variabilité relative, depuis des sols plutôt neutres à pH voisin de 7, relativement humifères et dépourvus de calcaires vers la limite humide de l'habitat, jusqu'aux sols à pH neutre ou supérieur à 7 non humifère, plus ou moins calcaire vers la limite sèche. En ce qui concerne la granulométrie, les données recueillies au Proche-Orient seraient d'interprétation plutôt difficile si nous n'avions la possibilité de les comparer à d'autres, obtenues en des régions différentes de l'aire d'habitat des solitaires. En Algérie, dans

les stations d'altitude à sol sableux, la fraction grossière atteint ou dépasse 30 %; en Syrie dans les stations de même type, les fractions « sable grossier + sable fin » totalisent plus de 30 % et peuvent dépasser 40 %.

Ainsi dans les parties humides de l'aire d'habitat, la grande perméabilité et le faible pouvoir de rétention d'eau des sols réduisent vis-à-vis des œufs déjà bien protégés dans leur coque ovigère l'effet néfaste d'une pluviométrie excessive pour une espèce qui demeure fondamentalement liée aux zones arides de l'étage climatique xérothermoméditerranéen.

La végétation représente pour le criquet marocain un facteur écologique relativement variable d'une extrémité à l'autre de la très vaste aire de distribution des solitaires (près de 10 000 km entre les méridiens 18° W - 75° E répartis entre les zones tempérée et subtropicale avec des degrés divers de continentalité). La région méditerranéenne qu'elle occupe a été au cours des temps géologiques, dans certaines de ses parties, un berceau de formations d'espèces végétales; dans d'autres parties, elle a offert des possibilités de « migrations » de ces mêmes espèces. Pour le Proche-Orient au moins, un décompte grossier fait ressortir un fort pourcentage d'espèces d'origine irano-touranienne. Les liaisons méditerranéennes et boréales sont plus abondantes dans le Nord de la région alors qu'au contraire vers le Sud le lot des espèces saharo-sindiennes devient plus important. Cette simple observation montre que la diversité des types existe dans toute l'aire de dispersion, que ce soit par exemple dans le Nord de l'Afrique d'une part, dans la péninsule ibérique et surtout la France et l'Italie d'autre part.

De cela il résulte que floristiquement l'aire de *Doclostaurus maroccanus* n'a pas actuellement une grande homogénéité; peu d'espèces importantes vis-à-vis du criquet marocain sont communes aux listes floristiques établies en différents endroits de son aire, qu'il s'agisse de l'habitat des solitaires ou de la végétation des régions grégaires. Parmi les rares plantes à citer sont *Poa bulbosa* et *Hordeum murinum*. On ne peut y ajouter différentes espèces qui, bien que présentes en de nombreux points de l'aire entière de *D. maroccanus*, n'y occupent que des bio-

topes plus ou moins particuliers, malgré le rôle intéressant qu'elles peuvent jouer, notamment comme nourriture au moins à certains de leurs stades évolutifs (plantes jeunes) : *Cynodon dactylon* qui indique parfois des biotopes encore favorables mais dont l'existence est conditionnée par une certaine humidité relative du sol permettant sa croissance et sa persistance. On ne peut y ajouter non plus *Supa tortilis* qui n'existe dans l'habitat de *D. maroccanus* que vers sa limite sèche ou en biotopes particulièrement arides. *Aegilops ovata* et d'autres *Aegilops* exigent aussi une certaine fraîcheur du sol sans doute moins prolongée mais ils sont absents de nombreux biotopes pourtant favorables à l'espèce. Diverses espèces de bromes pourraient être citées telles *Bromus rubens*, à très vaste répartition, mais dont les biotopes intéressants sont le plus souvent constitués par des terrains ayant supporté des cultures.

Tous les facteurs présentés jusqu'ici peuvent en définitive être considérés comme des facteurs variant avec les portions de l'aire que l'on considère. C'est seulement sur des surfaces restreintes de situations géographiques, topographiques, altitudinales, édaphiques à peu près identiques que l'on peut reconnaître une certaine constance de la végétation.

Parmi d'autres facteurs, le plus important qu'il conviendrait d'envisager consiste dans les caractéristiques de la végétation propice à la vie des individus, à leur établissement, à leur évolution, etc... C'est ce facteur végétation qui va nous permettre de dégager une certaine constance au travers de toute l'aire de *D. maroccanus*. Physionomiquement les formations végétales favorables au criquet marocain vont de la forêt-parc ou du maquis clairié à la prairie dépourvue non pas seulement de buissons mais même de plantes suffrutescentes. C'est d'ailleurs ce dernier aspect qui est le plus fréquent et le plus intéressant car il correspond très souvent, au moins localement, à la végétation sinon des régions grégariques, tout au moins à celle des foyers fonctionnant comme tels. Ces prairies arborescentes, buissonneuses ou non, ont généralement un aspect steppique bien qu'elles puissent ne pas se trouver dans la zone semi-aride que bioclimatiquement on considère comme étant la steppe.

Les formations arborées ou buissonnantes en cause ne représentent jamais le climax originel qui dans tous les cas semble avoir été forestier (PABOT, 1956). L'action humaine s'est toujours exercée de façon plus ou moins étendue, intense et drastique. Pour ses différents besoins l'homme en effet a dû exploiter la forêt et même la faire disparaître. Cette disparition a d'ailleurs été rendue d'autant plus aisée que des formations climaciques dans l'aire de *D. maroccanus* n'offraient contre cette dispersion qu'une résistance relativement faible, étant donné la précarité de la vie des essences arborées sous les climats considérés.

Sur les prairies des terrains ainsi déboisés, le bétail domestique ou plutôt la surcharge des pâtures se sont traduits par une modification profonde de cette végétation secondaire. Les prélèvements par la dent du bétail et l'effet du piétinement intense (agissant beaucoup plus par la destruction mécanique des plantules que par tassement du sol) ont éliminé du tapis végétal les espèces alibiles généralement assez sensibles à ces accidents, au profit d'autres beaucoup plus résistantes (paranémophytes) parce que dans leur ensemble peu recherchées ou même délaissées par les herbivores domestiques en cause, notamment les moutons.

Le tapis végétal ainsi exploité ou surexploité a été en général maintenu ras, la plupart des paranémophytes n'atteignant en général qu'une très faible hauteur à leur plein développement. Dans les exemples de succession phytodynamique donnés par PABOT (1956) pour les zones syriennes montagnarde, méditerranéenne et steppique, l'aboutissement normal des stades de régression de la végétation est une pelouse rase à *Poa bulbosa* (parfois, dans l'Est, *Poa sinaica*), plante bulbeuse en coussinets laissant entre ses groupes des espaces de terrain nu, ou occupé par *Carex stenophylla* avec notamment sa var. *planifolia* Boiss. irano-touranienne, laquelle parvient à couvrir complètement le sol sur des grands espaces.

Par l'homme et son troupeau se trouvent ainsi réalisés des habitats, dont ceux à *Poa*, particulièrement favorables à l'installation et à la pérennité des populations de solitaires, espèce phytophile de

pelouse discontinue. De tels biotopes qui existent sous tous les climats de la région appartenant au groupe xérothermoméditerranéen (cf. p. 33) supportent, non seulement les habitats à solitaires permanents, mais également certains foyers grégaires. Le mode de leur création qui vient d'être décrit permet de qualifier ceux-ci de foyers par dégradation (PASQUIER, 1950).

Au Proche-Orient les climax forestiers originels détruits pouvaient être caractérisés suivant les zones par des chênes, des genévriers, des pistachiers dont il ne reste que de rares témoins. Dans d'autres portions de l'aire de *D. maroccanus* solitaire pouvaient aussi être en cause des forêts de chêne, de pin, de genévrier, etc... Ainsi en Algérie les régions grégaires dans leur ensemble sont données en rapport dynamique avec *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Callitrix* sp., *Juniperus phoenicea*; ou avec des formations non arborées, sans doute climax secondaires, telles que *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba-alba*...

L'homme s'est livré à l'agriculture depuis déjà 5-6 millénaires, et, pour cultiver, a détruit complètement par ses labours la végétation primitive ou secondaire des lieux où il s'est installé. Sur les jachères temporaires ou plus ou moins prolongées jusqu'à l'abandon quasi définitif, se sont développées des végétations, cela à partir de plantes messicoles et surtout d'espèces spontanées ayant persisté autour des champs cultivés. Un processus d'évolution progressive du tapis végétal a pu ainsi se réaliser dont au moins les premiers stades sont représentés dans la zone steppique par une prairie constituant un biotope convenable au criquet marocain. Les stades de cette progression se trouvent limités par le pâturage à tel point que leur aspect et même leur constitution rappellent ceux des biotopes précédemment décrits.

L'agriculteur n'est pas le seul en cause. La destruction de la végétation par l'homme peut connaître d'autres buts que l'installation des cultures : établissement d'habitations (dénudation des emplacements de tentes, construction de maisons, d'agglomérations), creusement de fosses, de routes, canaux d'irrigation, érection de talus pour travaux d'irrigation, etc... Il a déjà été parlé des Tells : tous ces lieux que l'homme continue à utiliser ou qu'il a abandonnés

depuis plus ou moins longtemps, la dénudation du sol, la mise en surface d'un sous-sol non fertile, les pentes ménagées... ont également permis l'installation d'une végétation plus ou moins semblable à celle des cultures abandonnées, d'ailleurs riches le plus souvent en espèces rudérales, nitrophiles constituant en de nombreuses circonstances un habitat très favorable au criquet marocain.

B. TYPES CLIMATIQUES.

Le climatogramme de BALL TAYLOR, utilisé par UVAROV (1932) (bioclimatogramme) de façon à illustrer la relation entre deux facteurs du climat (température et humidité) confronté à la biologie de l'insecte permet, dans une certaine mesure, de déterminer les lieux où peut se poursuivre l'évolution du criquet marocain. Le procédé a été essayé par plusieurs écologistes (PASQUIER, 1934; MORENO MARQUEZ, 1945). Il s'est montré de quelque utilité à un moment où la distribution des stations de criquet marocain, particulièrement celles qui pouvaient donner naissance aux invasions, était presque totalement inconnue.

La critique qu'on peut adresser à cette méthode est qu'elle ne fait intervenir que deux facteurs du climat. Elle ignore le fait maintenant bien établi que *D. maroccanus* solitaire peut vivre en permanence, grâce à des compensations factorielles, sous divers climats à diverses altitudes sur des sols et des végétations très diverses.

C'est le cadre du phénomène de la grégation qui en pratique nous intéresse le plus vivement. D'un point de vue plus général que le nôtre, bioclimats, agroclimats, etc., sont désormais bien décrits. Si un bon nombre de régions grégaires sont reconnues à ce jour, d'autres restent à préciser et délimiter, d'autres encore sont insoupçonnées, d'autres enfin seront créées. Il nous a paru dès lors intéressant de classer (fig. 27) d'après leurs types bioclimatiques les diverses régions grégaires les plus exactement connues comprises dans les divers pays de l'aire

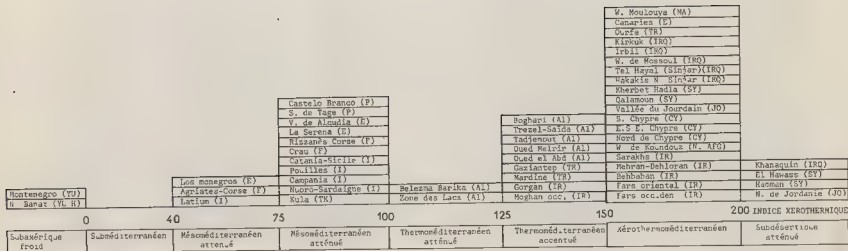


FIG. 27. — Types climatiques des diverses régions grégariques de l'aire de dispersion mondiale de l'espèce.

totale de distribution de *D. maroccanus*. N'ont été prises en considération que les régions ayant d'après les auteurs donné naissance à des essaims primaires ou manifestations de grégarisation. Les régions grégarigènes présumées ont été délaissées, de même celles où l'analyse des données nous a incité à ne pas considérer de simples pullulations évidentes ou des groupes de solitaires plus ou moins denses comme des bandes ou des essaims. Pour la classification des stations selon les bioclimats, nous nous sommes basés, pour la détermination de ceux-ci, sur la carte bioclimatique de la zone méditerranéenne publiée par l'UNESCO/FAO (1963).

L'examen de la figure 27 conduit aux conclusions suivantes :

1. La presque totalité des régions grégarigènes connues sont situées sous des climats chauds et tempérés chauds méditerranéens caractérisés par une température moyenne du mois le plus froid toujours positive.

2. Le bioclimat xérothermoméditerranéen (x entre 150 et 200) caractérise la majorité des régions grégarigènes au Moyen-Orient; un climat thermo-méditerranéen est celui de la majorité des régions grégarigènes en Algérie. Un climat subdésertique est celui de quelques stations de Syrie, Jordanie et Irak : elles sont d'ailleurs si proches de la limite du climat xérothermoméditerranéen que la distinction faite ici est sans doute de peu de valeur.

3. Les régions grégarigènes d'Europe Sud-Occidentale (Espagne, Portugal, France, Italie) sont dans l'ensemble sous un bioclimat mésoméditerranéen accentué (x entre 75 et 100). Il en est de même de celles des hauts plateaux d'Anatolie occidentale (Kula).

4. Les grandes invasions du Criquet marocain caractérisées tant par l'étendue considérable des zones où elles sévissent que par la parfaite grégarité des

insectes se rencontrent seulement en Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Ceci permet de considérer que le bioclimat typique des régions grégarigènes de l'espèce est xérothermoméditerranéen. L'observation d'UVAROV (1957) " *although D. maroccanus does not respond to crowding by becoming as typically gregarious as other locusts, it does tend to form coherent hopper bands and swarms, the latter undertaking migratory flights* ", qui semble mettre en doute la grégarité parfaite de *D. maroccanus* ne peut s'appliquer d'après nous et d'après la littérature disponible, qu'aux manifestations de l'espèce en Europe occidentale et en Anatolie à climat mésoméditerranéen. Nos observations multiples nous autorisent à considérer que le criquet marocain, une fois la grégarisation achevée, n'est pas moins typiquement grégaire que les autres acridiens migrants. Son exemple nous semble pouvoir être donné comme l'un des plus démonstratifs de l'exactitude et de la portée de la théorie des phases, des processus de la grégarisation dans ses foyers et régions grégarigènes.

5. Il est extrêmement intéressant d'ajouter que la classification bioclimatique des régions grégarigènes que nous venons de présenter correspond exactement à la classification des types de végétation naturelle (climax) dans ces diverses régions, et rappelle la corrélation étroite entre le bioclimat et la végétation. Nous pensons que cette constatation donne à nos interprétations une valeur réelle et objective.

En guise de conclusion, il nous semble qu'il serait logique de changer la dénomination commune de « criquet marocain » généralement attribuée à *D. maroccanus*, et que le temps est venu d'adopter pour lui celle de « criquet méditerranéen » suggérée par PASQUIER (1947). Cette dénomination donnerait d'emblée une idée précise et utile de l'écologie de l'espèce.

CHAPITRE 5

LE PROBLÈME DU CRIQUET MAROCAIN
AU PROCHE-ORIENTA. HISTOIRE ET *D. maroccanus*.

Tenter de traiter l'histoire du problème de *D. maroccanus* revient à traiter l'histoire du climat, de la végétation, de la civilisation, de l'agriculture, de la domesticité des animaux, du pâturage et du nomadisme dans cette vieille partie du monde. Nous limiterons donc notre voyage dans le passé à ce cadre sans d'ailleurs nous attarder ni à la préhistoire, ni à la protohistoire.

Un grand nombre de techniques scientifiques ont été utilisées pour l'étude géochronologique des 10 ou 12 derniers millénaires : examen de spécimens botaniques, zoologiques, anthropologiques, palynologie, paléontologie, stratigraphie, géomorphologie. La méthode de datation généralement utilisée est basée sur la désintégration radio-carbone (carbone-14).

1. Des derniers temps glaciaires à la fin du 3^e millénaire avant J.-C. des pluviométries nettement plus élevées permettaient l'épanouissement au Moyen-Orient d'une flore et d'une faune nettement plus exubérantes que de nos jours. Cette faune en majorité disparue aujourd'hui permettait une chasse active. La faune mésolithique et néolithique de Palmyre a été notée par COON (1955, in UNESCO, 1961). La faune de la Palestine aux époques babylonienne et perse est décrite par ALBRIGHT (1956); elle comprenait en particulier des gazelles; celle de l'ancienne Mésopotamie par HILZHEIMER (1936) et VAN BURAN (1931). WOLLEY nous rappelle que même au 15^e siècle avant J.-C. la terre de Niya près de Meskine sur le Moyen Euphrate était une jungle abritant des hordes d'éléphants. Le cerf était un animal sacré chez les Hittites, ce qui indiquerait une plus grande extension des forêts à l'époque sur leur territoire, le cœur du « Croissant Fertile ».

C'est au mésolithique (7^e ou 6^e millénaire) qu'il faut placer les débuts de l'agriculture et peut-être de la domestication des animaux; la plus ancienne preuve de l'existence d'une agriculture sédentaire, ayant même

précédé l'ère de la poterie a été trouvée près de Jarmo au N.E. de Kirkouk et à Tell es Sultan (Jéricho) dans la vallée du Jourdain. L'orge et le blé se répandent dans le Croissant Fertile et en Turquie (HELBAEK, 1959) dans une région qui est maintenant considérée comme un des importants centres d'origine des plantes cultivées (VAVILOV, 1951). Des animaux sont domestiqués : buffle, vache, zèbre, cheval, âne, chèvre, mouton, dromadaire, chameau. Leur domestication a d'abord été réalisée dans les centres agricoles situés au pied des collines (Zagros), l'agriculture céréalière et la sédentarisation l'ayant précédée. Il semble que le pasteur intégral n'a jamais existé et que le nomadisme a dérivé d'une agriculture pratiquée par des communautés où l'élevage constituait un élément original.

Cités et villages se développèrent dans le Croissant Fertile là où les ressources en eau permettaient la fixation humaine. Nous rappellerons à ce sujet les innombrables agglomérations ruinées des tells de Syrie et du Nord de l'Irak, notamment de la zone steppique au Nord du Dj. Sinjar où passait une artère principale de communication entre l'Est et l'Ouest.

Avant que l'homme n'ait domestiqué son petit bétail (chèvre et mouton), avant qu'il ne se soit livré à l'agriculture, les points sur lesquels *D. maroccanus* solitaire pouvait exister et persister nous resteront longtemps ignorés.

Dès le début de la période agricole, *D. maroccanus* solitaire a pu s'étendre à des habitats nouvellement créés sur les surfaces grattées pour des cultures temporaires ou à végétation arasée par un troupeau qui n'est devenu nombreux qu'au cours des temps, au fur et à mesure que se multipliait la population à un rythme peut-être assez rapide dans cette région du monde qui a connu les premières grandes civilisations. On notera même qu'il est admis aujourd'hui que les sites préhistoriques dépassent en nombre les sites historiques et cela dans la proportion de 5 à 1. C'est là une notion insuffisante pour estimer la pression humaine et animale qui a pu s'exercer dès les premiers temps, car l'effectif de la population de ces centres demeure à jamais inconnu.

La période pluviale s'est terminée au cours de la seconde moitié du 3^e millénaire avant J.-C., ce qui

a créé de nouvelles conditions : le niveau de la Mer Morte a atteint — 8 m par rapport à son niveau actuel (entre 2 500-1 200 avant J.-C.); éléphants, girafes, rhinocéros disparaissent.

2. A la fin du 3^e millénaire avant J.-C. le climat au Proche-Orient ne paraît avoir fluctué qu'assez faiblement autour d'une moyenne proche de celle du climat régnant aujourd'hui. La flore et la faune peintes sur les anciens monuments et objets sont celles d'un climat aride semblable au climat actuel.

Peu avant 2 000 avant J.-C. débutent des conditions temporairement plus arides. La turbulence nomade de l'époque a pu être associée à ces conditions détériorées :

- Installation Amorite en Mésopotamie (apogée entre 2050 et 2000 avant J.-C.).
- Migrations Araméennes entre 1200 et 1000 avant J.-C.

Ces troubles et émigrations ont cependant touché surtout l'agriculture irriguée qui était alors très développée en Basse-Mésopotamie. Plus au Nord, le Croissant Fertile et l'Assyrie dépendant de la pluviométrie pour leur agriculture et leur élevage ont moins été perturbés.

Pendant cette période de dessiccation progressive, la pression humaine et animale sur la végétation est allée augmentant d'une façon continue. C'était l'âge des métaux. Bois et charbon de bois étaient d'abord utilisés en poterie à une échelle réduite. Les besoins allèrent en grandissant pour la production de bois en plus considérable d'une variété croissante de produits exigeant une température plus élevée : poterie vernie, fusion des métaux, fabrication de briques traitées dans les fours. Ceci a entraîné la destruction progressive des ressources forestières et l'appauvrissement de la steppe arborée, offrant en même temps à *D. maroccanus* des possibilités toujours plus grandes d'expansion à partir des habitats fréquentés jusqu'alors. C'est peut-être à cette époque que se situerait le début des « problèmes » criquet marocain au Proche-Orient.

3. Vers la fin du dernier millénaire avant J.-C. (époque romaine et byzantine), les conditions climatiques commencèrent à s'améliorer de nouveau. Pendant la période romaine (64 avant J.-C.), le Proche-Orient en vint à connaître son plus grand essor agricole, l'état florissant du Croissant Fertile étant dû d'autre part à une administration forte et efficace procurant protection contre les invasions nomades venant du désert.

4. Depuis 500 avant J.-C., le climat n'a pas changé; des variations de courte durée ont eu lieu (quelques centaines d'années au plus).

5. Le Proche-Orient a connu depuis l'Antiquité une longue série de troubles sociaux et économiques : lutte

entre le paysan et le nomade, le désert et la ville, deux modes de vie, deux civilisations bédouine et urbaine. A partir de l'époque byzantine en Syrie-Palestine, et de l'époque sassanide en Irak, l'insécurité résultant des guerres byzanto-sassanides, la détérioration économique, l'instabilité politique de l'Empire romain en désintégration, l'invasion des tribus nomades et le déclin de l'activité urbaine ont accéléré la dégradation de la végétation naturelle et surtout entraîné l'abandon et la disparition des cités prospères et de terres florissantes dans les régions marginales steppeiques qui nous intéressent. Il n'est guère possible de relater ici avec détail les diverses étapes de l'avancée et de l'abandon de terres de culture vers la steppe à travers les siècles, phénomènes dus, non au changement du climat, mais au degré d'insécurité. Il nous semble que c'est à partir de cette époque (4^e siècle) qu'ont dû commencer à fonctionner, à périodes plus rapprochées, des foyers grégariques par défaut de culture, fonctionnement dont les conséquences sont généralement plus importantes que celles résultant de l'activité des foyers entrant dans la série de ceux caractérisés par une évolution régressive de la végétation.

Ce régime oscillatoire entre agriculture et pastoralisme a continué sous la période arabe, les Croisés, les périodes mameluke, mongole et turque en Syrie, Palestine et Jordanie; les périodes romaine, sassanide, arabe, seljuke, mongole et ottomane en Irak. La végétation naturelle steppeique était de plus en plus largement détruite, ce qui accroissait de plus en plus les chances de permanence et d'extension de l'habitat de *D. maroccanus*, surtout en périodes de faiblesse économique et d'instabilité politique entraînant l'abandon des cultures. A partir de l'invasion mongole du 13^e siècle et à la suite des destructions qui l'accompagnèrent, la vie sédentaire fut bannie de la Haute-Jéziré et le nomadisme y reprit sa prépondérance jusqu'au début du 20^e siècle. Le travail de la terre se réduisit à des proportions très faibles, sous un climat d'insécurité et de faiblesse économique et sociale. La dislocation de l'Empire ottoman après la guerre 1914-1918 fut suivie par le mandat de la France en Syrie, de l'Angleterre en Irak, et ce n'est qu'en 1932, alors que la Haute-Jéziré fut complètement conquise, que le sédentarisme et la sécurité y furent rétablis. Cependant jusqu'en 1945, c'est presque uniquement à l'airaire que se pratiquait le labour; ceci limitait les possibilités de culture aux environs immédiats des bourgs et villages (10 km environ), et laissait toutes possibilités aux nomades pour poursuivre le pâturage de leurs troupeaux. Sédentarisme et transhumance étant toujours liés, les habitats du Criquet marocain devaient alors avoir plus d'extension qu'aujourd'hui dans les régions septentrionales. Le cas de Zeidi, à la frontière syro-turque où nous avons

signalé la présence de l'espèce en 1951, incite à le penser; de même le cas des habitats à *D. maroccanus* en Jéziré turque.

6. Du début de l'ère chrétienne jusque vers 1850, les fluctuations de la précipitation et de la température se sont limitées à la répétition de courtes périodes d'années sèches ou humides, chaudes ou froides. Le niveau de la nappe phréatique n'a que peu changé, sauf dans les régions les plus pauvres en pluies.

7. Dans le cas qui nous intéresse, il est utile de noter parallèlement à l'insécurité de l'agriculture et de la sédentarité, la récente fluctuation climatique bien connue sous de plus hautes latitudes où elle se caractérise par un échauffement significatif météorologiquement et d'importance écologique; sous basse latitude, elle se traduit par un niveau plus bas des précipitations. Cette tendance vers une aridité plus grande a commencé au Sahara occidental en 1892-1909. Aux environs de 1900, elle se généralisa dans tout le bassin méditerranéen, surtout dans sa moitié orientale qui devient beaucoup plus sèche. BUTZER (1958) (in UNESCO, 1961) a donné une carte montrant les anomalies des précipitations entre les deux périodes 1881-1910 et 1911-1940, la déviation de cette dernière étant exprimée en pourcentage de la moyenne de la première. Il ressort de sa présentation que, dans le Proche-Orient, la pluviométrie a diminué de 5 % à Beyrouth, 11 % à Jérusalem, 10 % à Bushire et jusqu'à 30 % dans d'autres contrées. Par ailleurs le niveau de la Mer Morte a baissé de 3 m depuis 1910. Le lac Jeiroud (Qalamoun en Syrie) qui contenait plusieurs espèces de poissons d'eau douce au siècle dernier, est aujourd'hui une saline complètement sèche en été. Des sécheresses d'importance économique ont sévi au Levant en 1920 et sur tout le Moyen-Orient en 1930. Les températures d'hiver et d'été ont aussi augmenté de 0,5 °C environ par rapport à la moyenne annuelle. Cette tendance vers l'aridité persiste toujours depuis 1940.

Ces dernières fluctuations climatiques séculaires ne sont pas une exception historique. Elles ne font qu'aggraver l'instabilité du cycle précipitation-évaporation dans les terres marginales de la zone aride proche orientale où justement se joue le sort grégaire de *D. maroccanus* et dont les invasions ont atteint de larges proportions entre 1920 et 1948.

8. Les facteurs essentiels créant les conditions favorables pour la reproduction massive et la grégarisation du criquet marocain paraissent donc avoir pu jouer de longue date, notamment par une pression importante sur la végétation. Ces facteurs ont varié en intensité surtout dans les récentes années : fréquence et intensité des invasions du criquet marocain ont dû varier en conséquence.

9. PABOT (1956) a tenté de montrer comment la végétation climacique de trois régions syriennes avait régressé et comment elle pourrait inverser sa tendance et progresser vers les différents climax théoriques : formation à *Quercus calliprinos* dans la zone méditerranéenne, à *Juniperus excelsa* dans la zone montagnaise, à *Pistacia atlantica* dans la zone steppe (fig. 28-29). Pourtant, à première vue, il est difficile d'imaginer que les vastes zones de steppe surpâturée à *Carex stenophylla* ont un rapport quelconque avec les types climatiques des 2^e et 3^e séries.

Cette désastreuse régression trop réelle est cependant, comme nous l'avons vu, principalement le fait de l'homme et de ses animaux domestiques. Dans cette vaste zone de transition entre forêt et steppe, l'équilibre bioécologique est tellement délicat et instable que le faire incliner vers des conditions plus arides peut être le fait, non seulement des actions drastiques de l'homme, mais aussi de faibles changements climatiques, même locaux, lesquels influent sur la végétation, accusant une dessiccation grandissante.

La situation actuelle du problème de *D. maroccanus* au Proche-Orient est le résultat de l'évolution de deux facteurs sans doute catastrophiques mais aussi curieusement bénéfiques, l'un nouveau, l'autre plus intense que jamais encore au cours du dernier siècle :

1. C'est tout d'abord, grâce surtout au tracteur, l'extension rapide et démesurée des cultures sèches vers et dans la steppe au-delà de la limite de réussite potentielle (fig. 32). Les vastes zones vouées originellement au pâturage (fig. 30-31) ont été ainsi transformées, elles comprenaient la plupart des régions grégaires de *D. maroccanus* ayant fonctionné jusqu'en 1953, comme celles de Kherbet Hadla, El Hawass, Hammam, Sinjar et Mossoul ainsi que d'autres régions présumées grégaires (Trombat, S.E. Dj. Abd el Aziz).

2. C'est ensuite la dégradation excessive de la végétation naturelle qui s'achève par sa disparition quasi totale en certaines régions encore pâturées, la réduisant comme nous l'avons noté au *Carex* et aux lichens qui, mettant en danger la survie même du mouton, a également éliminé les stations potentielles de grégarisation du criquet marocain : c'est le cas des régions grégaires de Qalamoun (Dj. Charqi) (cf. p. 280) et du Nord de la Jordanie (E. de Mafrqi)



FIG. 28 à 31 — Dégradation de la végétation naturelle

28-29. Dj. Abd el Aziz : « témoins de *Platania atlantica* ».

30. Troupeau de gazelles (Souvenir I), Zeldi, 1951.

31. La steppe à El Kom en 1959. Quelques touffes de *Stipa barbata* entre Raqqa et Palmyre.

(cf. p. 275). Dans d'autres habitats de *D. maroccanus* solitaire, en régions grégarigènes connues ou présumées, en totalité ou en partie encore restés incultes ou cultivés puis abandonnés, le criquet marocain est devenu une rareté.

MERTON (1959) mentionne des observations similaires à Chypre où des districts infestés au début du

siècle sont devenus défavorables aux criquets en raison de l'extension de la culture (Avgorou), de la destruction presque complète de toute végétation due au surpâturage et à l'érosion (montagnes calcaires de Larnaca), de la repousse du maquis ou de la forêt (Valia, Syrianachori) due à l'application de mesures de protection.

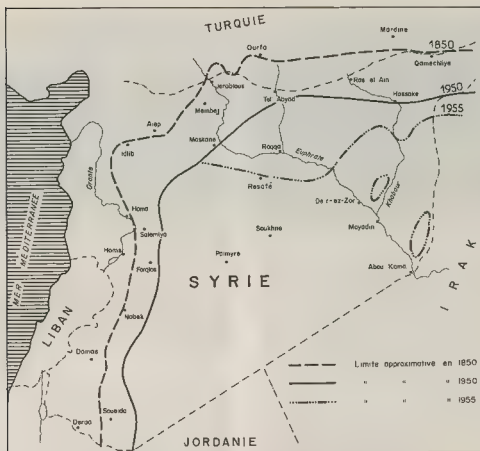


FIG. 32. — Extension de la zone cultivée en sec mécanisée.

N'est-il pas curieux de constater sous climat xérothermoméditerranéen, que des conditions devenues défavorables à l'avenir de l'élevage du mouton sont également des conditions défavorables à la grégariation et même au maintien des habitats du criquet marocain ?

L'extension rapide de la culture mécanisée sèche des céréales dans les régions semi-arides du Proche-Orient a réduit considérablement les bons pâturages et augmenté parallèlement à l'accroissement des populations humaines, la pression d'un bétail plus nombreux sur les parcours amenuisés restants.

1. En Syrie, l'augmentation de la *population humaine* a été de 60 % entre 1941 et 1961 (3 à 4,8 millions d'habitants). En Jéziré particulièrement l'augmentation

a été de 92 % pendant la même période. Le repeuplement y a commencé dès 1925. De 1922 à 1924, 1 221 villages étaient fondés. En 1960, on dénombrait 1 984 villages et 882 fermes pour le seul département de Hassaké. Si l'on considère les anciens centres de peuplement, on notera par exemple que Qamichliye, simple petit poste en 1926, comptait en 1931 4 000 habitants; en 1946, 25 000; en 1960, 45 000 et plus de 50 000 aujourd'hui. Hassaké, également poste de 1 200 habitants en 1922 en possède 15 000 en 1950, 22 000 en 1965 et plus de 60 000 aujourd'hui. Un phénomène a commencé à intervenir à cette époque, la semi-sédentarisation et même la sédentarisation d'un nombre toujours plus grand de nomades.

Malgré cette augmentation du nombre des habitants, la densité de la population dans la zone steppique reste très faible (5 hab. au km², elle est de 14 pour le département de Hassaké et 22 pour toute la Syrie). Comme

nous le verrons, cette constatation a de sérieuses conséquences. Notons également que l'augmentation du nombre a été due, en dehors de la tendance générale à la multiplication humaine (taux annuel d'accroissement 2,2 % en Syrie), à l'immigration favorisée par l'instauration dès 1925 d'une ère de sécurité qui n'a fait que s'affirmer depuis et également au fait que les ressources nécessaires à un tel accroissement ont pu être tant bien que mal tirées du pays. L'équilibre est devenu très précaire.

Parmi les besoins de cette population est à rappeler celui du combustible, ne serait-ce que pour le chauffage des habitations et surtout la cuisson des aliments. Les déjections animales (vache, chameau, âne) constituent souvent le seul succédané combustible à défaut du bois lequel, comme nous l'avons déjà signalé, ne peut plus être fourni par les arbres détruits; en outre les habitants se procurent du combustible non seulement par la récolte des parties aériennes des plantes suffrutescentes mais par l'arrachage de celles-ci : *Artemisia herba-alba* et autres chamaéphytes sont souvent les seules ressources végétales.

Arrêter pareille destruction aux conséquences tragiques suppose la mise à la disposition des populations d'un autre combustible que le bois. Pourrait-on compter alors sur les ressources pétrolières du sol en naphte et en gaz pour y remédier ?

L'augmentation des besoins de cette population croissante, notamment en ce qui concerne l'alimentation carnée, n'est pas seulement le fait de l'augmentation du nombre mais aussi celui de l'élévation d'un niveau de vie auquel aspire une portion de plus en plus grande de la population.

2. Jusqu'en 1922, la Jéziré syrienne pouvait être considérée comme le domaine exclusif des nomades. De 1922 à 1941 et cela principalement à la charrue araire, 500 000 ha furent défrichés autour des villages de nouvelle fondation. On trouva l'illustration de cette augmentation non seulement au cours de la période ci-dessus rappelée, mais de celle s'étant écoulée entre 1800 et 1950 (fig. 32). C'est à partir de 1950 que se développe une culture mécanisée à caractère extensif et spéculatif. Le tableau 14 montre le rôle qu'elle a joué par l'indication notamment de l'augmentation de deux catégories de machines : les tracteurs et les moissonneuses-batteuses.

On peut estimer à environ 4 millions d'hectares la surface de la Jéziré. Sur ceux-ci environ 38 % sont incultivables en raison de leur topographie, de la nature défavorable de leurs sols, de leur utilisation à d'autres fins, etc. Sur la portion cultivable (62 % du total), 29 % soit 18 % du total ne sont pas cultivés, faute de moyens techniques et de main-d'œuvre. En définitive,

TABLEAU XIV

Nombre de machines agricoles en Jéziré syrienne

	1946	1950	1955	1961
Hectares cultivés	-	715 000	1 060 000	1 100 000
Tracteurs	116	395	908	1 241
Semoirs	-	-	480	529
Moissonneuses-batteuses	114	361	559	679

moins de 50 % de l'aire totale est mise en culture. Encore doit-on considérer que la moitié de cette dernière terre (plus exactement 23 % de la superficie totale, soit 1 100 000 ha) sont annuellement en production. A titre documentaire, on notera également que la Jéziré produit un pourcentage important de la production du blé syrien (25 % en 1940, 26 % en 1950, 64 % en 1960, 47 % en 1961). Les rendements de la culture du blé sont en général faibles et très variables d'année en année. Dans la province de Hassaké, ils ont atteint de 1953 à 1961 une moyenne de 600 kg/ha avec en 1955 un minimum de 332 et un maximum en 1957 de 915 kg. Le rendement moyen de l'orge pour la même période (1953 à 1961) y était de 548 kg/ha.

Les causes de ces faibles rendements sont multiples. Les principales sont évidemment à rechercher dans la climatologie : sous de tels climats, l'humus des sols se détruit avec une extrême rapidité, ce qui détériore leur structure et empêche la rétention des divers éléments, azote en particulier, nécessaires aux cultures. Ces défauts sont aggravés par un emploi très restreint des fertilisants, et aussi par le développement des mauvaises herbes. Une autre cause de la faiblesse générale des rendements est le fait qu'ont été mises en culture des zones submarginales ou même marginales où l'amélioration de techniques agricoles critiques n'apporterait qu'une augmentation faible ou nulle.

L'augmentation spectaculaire des superficies mises en culture, si elle a pu se traduire par une certaine augmentation de la récolte totale, n'a en définitive entraîné dans l'ensemble qu'une diminution du rendement.

Les conséquences de certains des aspects envisagés ci-dessus se trouvent encore aggravées par le défaut d'une infrastructure convenable, le mauvais état de la voirie d'entretien insuffisant ou nul, l'absence de moyens de conservation, d'entrepôt, de transformation des produits agricoles; tout cela étant responsable des hauts prix du transport qui viennent très fortement grever des rendements déjà insuffisants.

De toutes ces insuffisances ou défauts, il est résulté après les premiers efforts d'expansion des surfaces,

33



34



FIG. 33-34. — La steppe syrienne actuelle.

33. 1961, après 2 années de sécheresse.

34. 1964, après 2 années de pluviométrie normale et mise en défens.

l'abandon temporaire ou souvent définitif de centaines de milliers d'hectares cultivés qui sont devenus une jachère sauvage livrée au bétail et à l'érosion éolienne. Quelques surfaces des régions même très désertifiées sont sporadiquement mises ou remises en culture, mais cela sans plan ni méthode.

3. *L'élevage* a été et demeure l'une des ressources fondamentales de la Syrie. Son objet est surtout le mouton; ânes, chevaux, chèvres, bovins et chameaux n'interviennent que pour une petite part. Les moutons constituent en effet la très grande majorité du cheptel vif. Sur les 17 millions d'hectares que comporte la Syrie (dont 8 millions en steppe semi-aride recevant moins de 200 mm de pluie) les moutons utilisent la végétation de millions d'hectares incultes et des millions d'hectares de chaumes de céréales (2,3 millions d'ha). L'emprise des moutons sur le pays varie considérablement avec les régions; contreforts montagneux d'une part et régions steppiques, sont celles en supportant le plus grand nombre. Ces différences de densité sont liées à des pratiques d'élevage diverses: nomadisme, transhumance, semi-sédentarité. L'hiver et le printemps sont passés, en général, pour les deux premiers modes, dans la région substeppique ou steppique, et l'été dans les jachères et les terres incultes de la région cultivée et des portions montagneuses du pays. Le troupeau semi-sédentaire vit constamment à proximité plus ou moins immédiate des centres de culture. En période de disette (fig. 33) le troupeau peut venir s'installer pendant la période sèche dans la zone cultivée jusque dans les régions côtières ou même en zone irriguée où non seulement il pâture sur terres incultes et chaumes, mais aussi sur cultures, notamment d'orge, vendues par leurs propriétaires.

Le troupeau syrien de moutons est important, le chiffre de 8 millions ayant été atteint en 1970. Les troupeaux irakien et jordanien le sont également avec respectivement 9 millions et 2 millions. Si, en Syrie le nombre de chèvres est maintenant insignifiant à cause de l'interdiction de son élevage (750 000 en 1969), en Irak il est de 3 millions et en Jordanie de 0,5 million.

Le nombre avancé ci-dessus pour la Syrie est sans doute un record pour le pays où de grandes variations de ce cheptel ovin ont été enregistrées au cours des dernières décennies. Le tableau XV l'indique clairement; il permet de signaler des variations atteignant 2 millions entre deux années consécutives (1970 et 1971):

TABLEAU XV

Nombre de moutons en Syrie de 1946 à 1971

Année	Nombre de moutons	Année	Nombre de moutons
1946	3 592 000	1959	4 740 000
1952	3 560 000	1960	3 649 000
1953	3 746 000	1961	3 354 000
1954	3 955 000	1962	4 000 000
1955	4 340 000	1965	6 500 000
1956	4 703 000	1970	8 000 000
1957	5 466 000	1971	6 000 000
1958	5 911 000		

Avec un tel nombre de bêtes, la charge du pâturage syrien à disposition est élevée sinon considérable, en tout cas supérieure actuellement aux possibilités naturellement offertes. VAN DER VEEN (1967) a étudié les sources d'alimentation du mouton en Syrie. Il a estimé

qu'en 1965, les pâturages naturels des régions steppiques et subhumides fournissaient 68,6 % des ressources nutritives du troupeau. La seule steppe (terrains de parcours recevant moins de 200 mm de pluie) supportait 33,6 millions/mois/mouton pour un total de 78 millions/mois/mouton dans tout le pays. En d'autres termes, moins techniquement exacts, la région aride avait cette année-là, 1965, assuré la subsistance de 2 800 000 moutons sur les 6 500 000 du troupeau syrien. En 1966, la saison de pâturage utile dans la steppe a été plus courte qu'en 1965; 17 millions/mois/mouton (moins de 1 500 000 moutons pour l'année). Le même auteur estime que même ce dernier chiffre a atteint ou dépassé les possibilités de charge en rapport avec une productivité normale et stable de la steppe, laquelle serait de 12,4 millions/mois/mouton sans fourniture d'aliments supplémentaires. Ainsi 1,5 à 2 millions de moutons pourraient subsister dans la steppe pendant 6 à 8 mois, selon les années. Le chiffre de 2 millions s'observe après la période de sécheresse de 1958 à 1960 cependant que, depuis, le nombre des moutons a atteint le double sinon le triple de la capacité potentielle de la steppe. Des études similaires ont montré que même dans les régions recevant plus de 200 mm par an la surcharge était du même ordre de grandeur. On estime cependant qu'après sa régénération la steppe syrienne (fig. 34) pourrait fournir 27 millions de pâturages/mois/mouton, donc permettre 1,5 à 2 fois le nombre de moutons plus haut précisé, et cela durant une période quelque peu prolongée, neuf mois au lieu de six à huit; mais pour l'instant la dégradation des sols et des pâturages poursuit son rythme infernal.

4. Les puits sont nombreux en Haute Jéziré grâce à la faible profondeur des nappes souterraines: leur nombre total devait approcher 50 000. Vers le Sud, ils étaient plus rares et parfois absents sur des dizaines de km². Cette rareté explique les concentrations d'hommes et de troupeaux que l'on observait autour de ces puits.

Remèdes et réalisations actuelles.

Des remèdes destinés à enrayer les processus d'allure catastrophique que nous venons d'exposer ont été envisagés par le Gouvernement. Celui-ci, notamment au cours des dernières années, a envisagé l'essai ou l'application d'une série de mesures.

1. La sédentarisation des nomades a été un des premiers objectifs poursuivis. Pour y parvenir on a songé en particulier à mettre à leur disposition de

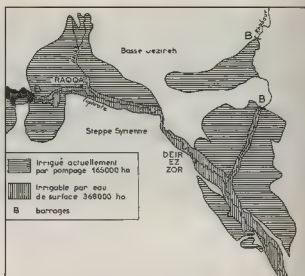


FIG. 35. — Futures zones irriguées par eaux de surface.

l'eau devant leur permettre l'établissement et l'entretien de cultures vivrières et autres. La figure 35 montre l'implantation des divers ouvrages projetés et l'étendue des terres qui seront irriguées. Le projet le plus important envisagé a été celui du barrage de Tabga sur l'Euphrate. Ce seul barrage devait permettre l'irrigation de 400 000 ha. On a aussi songé à d'autres, notamment sur le Khabour pour une surface irriguée d'environ 150 000 ha. Hors de la Syrie des projets hydrauliques plus importants encore et ayant même but sont à l'étude au Nord de l'Irak dans l'aire jéziré-mésopotamienne et au Sud-Est de la Turquie. En vue d'une irrigation pratiquée à une échelle plus artisanale, celle du petit moteur de pompage et même de la persistance de l'utilisation de procédés plus archaïques de puisage de l'eau, une étude des ressources en eau phréatique a été entreprise en Jéziré; elle montre la possibilité d'irriguer 40 000 ha dans la seule partie Nord-Est de la région en exploitant la nappe phréatique du bassin de Radd.

2. Pour essayer de mettre un terme à l'extension inconsidérée de la culture dans les zones submarginales et surtout marginales, divers efforts ont été tentés. Des lois ont même été promulguées avec

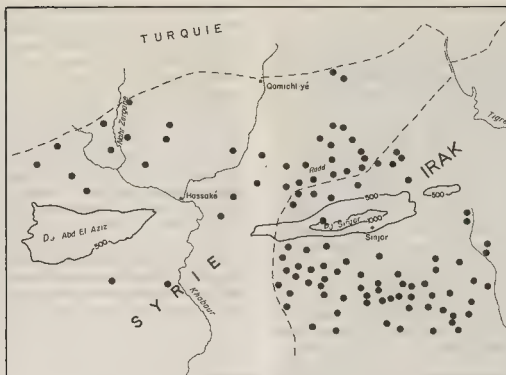


FIG. 36. — Puits aménagés entre 1952 et 1960 en Jéziré.

cet objectif qui ont donné lieu à d'interminables discussions sur le tracé de la ligne au-delà de laquelle toute culture serait formellement interdite. Le résultat des tentatives d'application est encore pour le moins incertain.

3. Un effort considérable d'un autre ordre a été envisagé et même a reçu un début de réalisation expérimentale. Les buts visés tendent beaucoup plus à la *conservation du troupeau* avec son importance numérique actuelle qu'à sa réduction, cette dernière n'étant pas jugée souhaitable du point de vue de l'économie générale nationale. Pour maintenir un tel nombre de moutons on a songé à diverses mesures :

- a) création d'équipes vétérinaires mobiles;
- b) création de nouveaux points d'abreuvement devant être utilisés tant par les hommes que par le bétail. C'est ainsi que, considérant cette création comme l'élément essentiel de l'aménagement de la

steppe (en particulier celle dite « hamad »), de 1920 à 1950, 50 puits importants avec bassins d'abreuvement ont été creusés. Entre 1952 et 1960, 259 forages ont permis 174 puits fertiles. Sur ces derniers, 38 sont trouvés en Jéziré et Chamiyé, nombre que l'on se propose de porter à 111. La figure 36 indique la distribution des puits les plus importants en Syrie et Irak en Haute-Jéziré. Des ravitaillements en eau des troupeaux ont été organisés, surtout en période de disette, par camions-citernes. On a songé à la distribution d'aliments d'appoint en période critique.

Ce but a été réalisé dans le cadre conjoint du Gouvernement syrien et du Programme Alimentaire Mondial géré par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Ces mesures ont pu, en partie au moins, pallier les graves pertes jusqu'ici connues en certains moments, et dont l'importance en 1959-1960 par exemple avait atteint

1,5 million de moutons et en 1970-1971 plus de 2 millions.

On a enfin songé à l'application d'un système d'amélioration plus profond et plus général de l'élevage dans les régions semi-arides. Ce programme est basé sur la création et le fonctionnement de coopératives d'élevage ayant pour premier objectif, tout en conservant l'importance numérique du troupeau, de diminuer la pression trop considérable qu'il exerce actuellement dans les régions steppiques les plus déshéritées, par la réglementation de la charge du pâturage, la rotation saisonnière de nourriture, l'établissement de réserves, et ainsi de permettre l'engraissement des moutons. Les premières réalisations ont été implantées et cela pour avoir toutes chances de réussite, dans les régions steppiques occidentales proches des grands centres urbains, avec pour but, en cas de succès, d'étendre le système à toute la steppe; du type expérimental à l'échelle de la pratique, elles sont les premières mises en place au Proche-Orient depuis 1967. A l'heure actuelle, trois coopératives existent à Belaas, Abu Rejmain, Abu Fayad, établies sur un total de 237 000 hectares de parcours sur lesquels sont interdits tout labour ou construction. Ces trois coopératives groupent 54 000 moutons; chacune possède son centre vétérinaire, son entrepôt, ses camions et même son école. Dès le début de leur fonctionnement on a pu juger du succès de l'expérience ainsi réalisée, si bien que nombre de nouvelles coopératives semblables sont en cours d'installation dans les régions de Hama, Homs, Damas et Alep en complément des trois centres gouvernementaux déjà existants.

Cette implantation des coopératives moutonnières dans une zone climatiquement favorable à l'obtention de légumineuses fourragères sur d'importantes surfaces, a amené à la création de stations agricoles s'intéressant à l'expérimentation de plantes fourragères et à l'introduction de leur culture dans les assolements et les rotations. C'est ainsi que s'est trouvée mise en question l'alternance bisannuelle céréale-jachère et l'étude de la possibilité de son remplacement par un autre assolement céréales-légumineuses fourragères, celles-ci en couverture totale ou en bandes. Cette pratique a déjà été étendue à

2 400 ha en 1970; on pense l'étendre aussi rapidement que possible à 50 000 ha en Haute-Jéziré. Dans ce but, une loi récente tente à imposer en culture irriguée l'obtention de fourrage sur un quart des terres.

Conséquences actuelles vis-à-vis de *D. maroccanus*.

4. Si ces premières réalisations se sont montrées satisfaisantes dans leur ensemble en ce qui concerne l'accroissement des possibilités humaines et, jusqu'à un certain point, le maintien du troupeau, il n'en reste pas moins que dans la steppe, la plus aride surtout, la création de nouveaux points d'eau et de nouveaux villages a abouti à une multiplication des points sur lesquels la végétation subit intensivement l'action du troupeau, et qu'ainsi ont été multipliées ou agrandies les surfaces sur lesquelles *D. maroccanus* trouve réalisé l'habitat lui convenant.

B. AVENIR.

Si l'accroissement des premiers efforts entrepris doit conduire à des résultats généraux de quelque importance, le problème essentiel dans le cadre de notre étude sur le Criquet marocain — celui du sauvetage en quelque sorte de la steppe dans ses portions utiles les plus arides — demeure entier.

1. Certaines des réalisations en cours vont avoir à la fois un impact immédiat sur certains aspects directs du problème de *D. maroccanus* et des conséquences indirectes plus ou moins difficiles à reconnaître. Il en est ainsi notamment des conséquences que va avoir la mise en eau prochaine du barrage de Tabga sur l'Euphrate. Le lac artificiel, selon les cartes qui en ont été données, va couvrir une partie importante des stations grégaires de la région de Raqqa (telle Hammam). D'autres vont être détruites par l'installation des cultures irriguées (telles Kherbet Hadla, Badiat el Hawass). Mais cet aspect, bénéfique à l'encontre de *D. maroccanus*, ne peut être jugé comme éliminant définitivement la menace de l'acridien. Des superficies importantes unies ou dissociées ne pourront être irriguées en raison soit de la nature

de leur sol, soit plus généralement en raison de leur topographie. Certaines de ces surfaces non cultivées continueront à constituer des habitats de criquets marocains; sous l'influence de changements climatiques et floristiques locaux certains points sont susceptibles de devenir propices à l'habitat de *D. maroccanus* solitarien, peut-être même à sa grégarisation. Si, comme les revendications des nomades permettent de le penser, ceux-ci se fixent dans les nouvelles zones irriguées, il faut s'attendre à ce que, par habitude et parallèlement à leurs nouvelles activités, ils conservent auprès d'eux et précisément sur les terrains non irrigables de la zone, un troupeau de quelque importance, dont le rôle vis-à-vis de la végétation et du criquet marocain a déjà été suffisamment souligné. Il est aussi possible que les nouvelles zones irrigables desservies par la route principale proche de Deir-ez-Zor à Alep et du chemin de fer en construction reliant Qamichliyé à Alep par Deir-ez-Zor-Raqqa, attirent les investisseurs de capitaux qui ne tarderont pas à abandonner les vastes surfaces de terres steppiques aujourd'hui cultivées. Ainsi les terrains abandonnés redeviendront de maigres parcours pour le mouton et des stations favorables au criquet marocain ne manqueront pas de réapparaître.

2. La dernière des lois limitant la culture sèche reprend les conclusions de RASLANE (1968) et rejoint celles de BRICHAMBAUT et WALLEN (1964); elle précise les limites de quatre zones différentes de culture sèche (zones de stabilité agricole); celles-ci ont été définies en fonction de la géomorphologie, la pédologie, l'étude de la végétation actuelle et originelle et des types d'utilisation. L'application des lois successives s'est heurtée à différents écueils :

- habitudes traditionnelles des populations;
- engrenage des sources de crédit dans lequel se trouvent entraînés certains de ceux qui ont participé à la mise en culture étendue des régions marginales;
- insuffisance des recherches et défaut d'expérimentation pour préciser et vulgariser les méthodes d'agriculture moderne y compris la jachère qui, dans les régions retenues permettraient d'intensifier le rendement et de mieux intégrer l'élevage dans l'agriculture.

Les dispositions de la loi sont en certains points en contradiction avec des mesures gouvernementales antérieures. Nous pensons particulièrement au prix réduit consenti pour les carburants agricoles, faveur qui peut être maintenant supprimée aux opposants qui persisteraient à labourer dans les régions interdites.

Quoiqu'il en soit, admettant réalisée l'éviction du laboureur de la steppe sèche, il va en résulter des abandons de cultures sur des surfaces importantes, processus qui, nous l'avons déjà vu, s'est engagé hors de la contrainte légale.

3. Nous venons de rappeler au moins l'un des rôles de l'expérimentation d'élevage vis-à-vis du public. Cette expérimentation doit être le fait non seulement de services de propagande mais celui de vraies stations expérimentales situées dans les zones même où des améliorations sont souhaitables. Jusqu'ici n'existe en régions d'élevage extensif dans la steppe semi-aride que celle de Wadi el Azib à l'Est de Salamiyé (Hama) qui a mis en évidence l'amélioration du pâturage par la mise en défens et la possibilité de réduire quelque peu la charge en nombre de têtes du bétail sur les lieux de pâture, prémisses d'une solution possible sur laquelle nous reviendrons ci-après. Il apparaît alors souhaitable que de telles stations soient multipliées selon une politique qui, si elle doit être en grande partie à la charge du gouvernement, devrait se développer avec l'active participation des usagers. Dans cet ordre d'idées, on peut penser à des sortes de coopératives ayant des buts quelque peu différents de ceux dont il a été question plus haut, agissant sur des aires de parcours délimitées pour chacune des unités : délimitation des parcelles de mise en défens et surveillance de celles-ci, articulation avec les zones de pâturage d'été se trouvant plus ou moins vers le Nord en régions plus favorisées.

4. La mise en défens n'est qu'un des procédés de régénération de la steppe. Les façons superficielles, apport de graines, replantation de touffes de *Stipa*, essai d'acclimatation d'espèces végétales exotiques, etc. constituent autant de sujets d'étude qui devraient être poursuivis par les spécialistes pastoralistes attachés à ces stations.

5. Parallèlement à ces recherches, il conviendrait que des zootechniciens et généticiens s'intéressent à l'amélioration même du mouton. Le but devrait être la substitution au bétail hétérogène actuel, d'un ensemble de races meilleures utilisatrices de la nourriture disponible, de telle sorte qu'en définitive, tout en maintenant ou ne diminuant pas par exemple la quantité de chair produite, on parvienne à la diminution du nombre de moutons.

6. La coopération internationale, qui jusqu'à présent a été d'un grand intérêt pour le pays, devrait être poursuivie et même intensifiée dans certains secteurs, notamment lorsqu'il s'agit de l'utilisation d'experts dans le cadre d'une étude précise, alors que dans d'autres, au contraire, tous efforts du gouvernement syrien devraient tendre à l'amenuiser, comme par exemple dans le cas des coopératives d'engraissement dont il a été plus haut question et où l'aide a été jusqu'ici technique parfois et surtout matérielle.

Pour terminer, notons que les différents pays du Proche-Orient devraient porter toute leur attention et leurs efforts pour qu'en particulier soit tiré pour tous un meilleur profit des études qu'a entreprises et pourrait envisager le centre de la Ligue Arabe de Recherches sur la Zone Aride et les Terres Sèches qui vient d'être créé avec pour centre Damas.

Nous avons essayé dans ce travail de décrire

l'habitat de *D. maroccanus* au Proche-Orient en général, et en Syrie en particulier. L'écologie comparée du criquet marocain dans son aire totale de répartition a dégagé comme facteur constant, le facteur végétationnel sous l'influence de l'homme, de son agriculture et de son troupeau. Toutes les régions grégariques connues sont situées sous des climats méditerranéens.

L'étude a insisté sur le caractère évolutif de l'existence, de la persistance de *D. maroccanus* et de sa grégariation. La lutte rationnelle contre le criquet marocain doit prendre en considération l'aspect dynamique du problème et suivre de près les processus évolutifs analysés relatifs à la culture sèche, l'irrigation, le pacage et l'élevage en zone steppique.

La lutte contre le criquet marocain a jusqu'ici été confiée aux Services de la Protection des Végétaux des quatre pays de la région (Jordanie, Syrie, Turquie, Irak), sans avoir recours à des spécialistes antiacridiens s'occupant de l'écologie typique de l'espèce sous des conditions en pleine évolution. Peu d'agents dans ces pays ont reçu une formation particulière sur ce sujet. Il est souhaitable de porter remède à cette lacune.

Le processus compliqué amenant à l'installation de l'espèce et à sa grégariation montre l'ampleur des mesures à prendre tant au niveau national qu'au niveau régional par les pays intéressés.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon Maître, M. le Professeur R. PASQUIER à qui je dois ma formation acridologique et qui a accepté de se pencher sur ma thèse; à M. le Professeur G. REMAUDIÈRE à qui je dois le concours constant depuis 1959 et qui a bien voulu examiner mon manuscrit; à M. le Professeur B. POSSOMPÈS qui a bien voulu apprécier mon travail et présider mon jury de thèse; à M. le Professeur A.S. BALACHOWSKI qui m'a toujours encouragé et bien voulu accepter d'être examinateur, ce qui est un grand honneur; à la F.A.O. pour les facilités qu'elle m'a offertes; enfin au Ministère de l'Agriculture du Gouvernement syrien qui m'a toujours prodigué son appui total aussi bien moral que matériel.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMOVIĆ (Z.), 1959. — The Moroccan Locust (*Doclostaurus maroccanus* THUNBERG) in North Barat, Serbia. *Bull. Mens. Hist. nat. Belgrade*, 1959, Série B, Livre 13, 123 p.
- ATALLA (J.) & HASSIBI (S.), 1931. — *Bulletin de l'Office international de renseignements sur les sauterelles de Damas. Années 1930 et 1931*, 264 p.
- BAILEY (E.T.), 1967. — Pasture and Fodder Plant Introduction and Establishment problems. *Rapport FAO au Gvt. de Jordanie N° TA 2405*, 20 p.
- BALAMIR (S.), 1952. — *Doclostaurus maroccanus* in Turkey (1939-1952). *Pl. Prot. J. (Turkey)*, Ankara, 1, 11-15. (In Turkish with english summary.)
- BIROT (P.) & DRESCH (J.), 1956. — La Méditerranée et le Moyen-Orient. *Presses Univ. de France*, Paris, 2, 520 p.
- BODENHEIMER (F.S.), 1944. — Studies on the ecology and control of the Moroccan Locust (*Doclostaurus maroccanus* in Iraq. 1. Results of a mission of the Iraq Dept. of Agriculture to N. Iraq in spring 1943. *Bull. Dir. Gen. Agric. Iraq*, Baghdad, No. 29: 121 p.
- BODENHEIMER (F.S.) & SHULOV (A.), 1951. — Egg development and diapause in the Moroccan locust. *Bull. Res. Coun. Israel*, 1, 59-75.
- BOGHOSIAN (R.), 1952. — La Haute-Djézirah. *Imp. Chiraz Alg.*, 240 p.
- BRICHAMBAUT (G.P. de), 1957. — Rapport aux Gouvernements de l'Egypte, de l'Irak, de l'Iran, de la Jordanie et du Liban sur la production fourragère. *Rapport FAO/MER/NER/AGP*, No. 268, 53 p.
- BRICHAMBAUT (G.P. de) & WALLIN (C.C.), 1964. — FAO/UNESCO/OMM. Une étude d'agroclimatologie dans les zones arides et semi-arides du Proche-Orient. *Note Technique*, n° 56 (OMM, n° 141 T.P. 66), 69 p.
- BURDON (D.), 1961. — Groundwater development and conservation in Syria. *Rapport FAO n° 1270 au Gouvernement de la Rép. Ar. Unie (Rég. Syr.)*, 80 p.
- CANIZO (J. del), 1942. — La langosta y el clima. *Sección de Plagas del campo y Fitop., Dir. Gen. agric. Publ. No. 18*, Madrid.
- DELMAS (R.) & RAMBIER (A.), 1951. — Contribution à l'étude de la répartition du Criquet marocain (*Doclostaurus maroccanus* THUNB.) en France continentale. *C. r. hebdom. Séanc. Acad. Sci., Paris*, 232 (6), 566-567.
- DEMPSTER (J.P.), 1957. — The population dynamics of the Moroccan Locust (*Doclostaurus maroccanus* THUNBERG) in Cyprus. *Anti-Locust Bull.*, London, 27, 60 p.
- EIG (A.), 1931. — Les éléments et les groupes phytogéographiques auxiliaires dans la flore palestinienne. *Repertorium speciorum novarum regni vegetabilis*, vol. I et II, 198 p.
- EIG (A.), 1935. — Ecologie du criquet marocain en Iraq. *Bull. ent. Res.*, 26, 293-309.
- F.A.O., 1949. — Rapport final de la Conférence internationale sur le criquet marocain. *Beyrouth*, 19-24 septembre 1949, 118 p.
- F.A.O., 1966. — Etude des ressources en eaux souterraines de la Jézirah syrienne. *Rapport final FAO/SF: 17/SYR*, 276 p.
- GHALIB (I.), 1965. — Dictionnaire des sciences de la nature, 3 vol. *Imprimerie catholique*, Beyrouth, 3 vol., 1631 p.
- GREATHEAD (D.J.), 1963. — A review of the insect enemies of Acridoida (Orthoptera). — *Trans. Royal ent. Soc. London*, 114 (14), 437-517.
- IBRAHIM (K.M.), 1967. — The pasture, range and fodder crop situation in the Near East. Summary report and Bibliography. *Rapport FAO/PL: PFC/1*, 159 p.
- INSTITUT FRANÇAIS DE COOPÉRATION TECHNIQUE (FACULTÉ D'AGRONOMIE DE KARADI - UNIVERSITÉ DE TÉHÉRAN), 1960. — Colloque sur la conservation et la restauration des sols (Lutte contre l'érosion), Téhéran, 21 mai - 11 juin 1960. *Compte-rendu général*, 544 p.
- JAGO (N.D.), 1971. — List of species of grasshoppers and Locusts recorded in the literature from Iraq, Iran and West Pakistan. (*Unpublished, C.O.P.R., London*), 7 p., Dec. 71.
- JANNONE (G.), 1938. — Aspetti bio-morfologici e somatometrici del problem e delle fasi nel *Doclostaurus maroccanus* THUNB. in Italia (2). *Boll. R. Lab. Ent. Agr. Portici*, 1, 261-328.
- JANNONE (G.), 1939. — Studio morfologico, anatomico e istologico del *Doclostaurus maroccanus* THUNB. nelle sue fasi. *Boll. R. Lab. Ent. agri. Portici*, 4, 1-443.
- LONG (G.A.), 1957. — The Bioclimatology and vegetation of Eastern Jordan. *Rapport FAO/57/2/1109 au Gouv. de Jordanie*, 96 p.
- MANSOUR (A.H.), 1963. — Contribution à l'étude bioclimatologique de la République Arabe Syrienne. *Impr. Aldex, Toulouse*, 8 p.
- MANSOUR (A.H.), 1967. — Les problèmes pastoraux et humains dans les zones arides du Moyen-Orient. *Journ. Agric. trop. Bot. appl.*, 14, 454-493.
- MANSOUR (A.H.), 1967. — Développement et régulation des pâturages en Syrie. *Rapport inédit au Min. de l'Agric. Damas*, 14 p. (en arabe).
- MERTON (L.F.H.), 1953. — Report on a visit to N.E. Syria, April 1953. *Unpublished report in Anti-Locust Res. Centre London*, 8 p. (typescript).
- MERTON (L.F.H.), 1959. — Studies on the ecology of the Moroccan Locust (*Doclostaurus maroccanus* THUNBERG) in Cyprus. *Anti-Locust Bull.*, 34, 123 p.

- MERTON (L.F.H.), 1961. — The Moroccan Locust (*Doclostaurus maroccanus* THUNBERG) in Iran. *Anti-Locust Bull.*, 31, 66 p.
- MORENO MARQUEZ (V.), 1942. — Dos formas de langosta común o marroquí (*Doclostaurus maroccanus* THUNB.), reveladas biometricamente. *Estacion Fitop. agric. de Badajoz*, Madrid, 77, 24 p.
- MORENO MARQUEZ (V.), 1944. — Zonas permanentes de langosta en España: Boceto ecologico de la Serena. *Bolet. Patol. veg. Ent. agric.*, 13, 335-376.
- MOUSSLY (N.), 1951. — Le problème de l'eau en Syrie. *Imp. Bosc. Lyon*, 295 p.
- NAHAL (I.), 1960. — La végétation forestière naturelle dans le Nord-Ouest de la Syrie. *Revue Forestière française*, n° 2, 90-101.
- NAHAL (I.), 1961. — La garrigue à *Quercus calliprinos* WEBB et *Pistacia palaestina* BOISS. de la montagne des Alaouites de Syrie. *Ann. Ecol. nat. Eaux For. Stat. Rech. Expér.*, 18 (3), 409-430.
- O.M.M. (Org. Météor. Mondiale), 1971. — Normales climatologiques (Climo) relatives aux stations climat et climatipsh pour la période 1931-1960. *OMM*, n° 117, TP 52.
- PABOT (H.), 1955. — Les pâturages du « désert syrien ». *Rapport inédit au Min. de l'Agric., Damas*, déc. 55.
- PABOT (H.), 1956. — Rapport au gouvernement de Syrie sur l'écologie végétale et ses applications. *Rapport FAO/ETAP*, n° 663, 89 p.
- PABOT (H.), 1967. — Rapport au gouvernement de l'Iran sur l'utilisation des recherches botaniques et écologiques pour le développement des pâturages et l'amélioration des terrains de parcours. *Rapport FAO n° AT 2311*, 145 p.
- PAOLI G., 1937. — Studi sulle cavalette di Foggia (*Doclostaurus maroccanus* THUNB.) e sui loro oofagi (Ditteri Bombilidi e Coleotteri Meloidi) ed Acari ectofagi (Eritreidi e Trombididi). *Redia*, 23, 27-206.
- PASQUIER (R.), 1934. — Contribution à l'étude du criquet marocain, *Doclostaurus maroccanus* THUNB., en Afrique mineure (1^{re} note). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N., Alger*, 25, 167-200.
- PASQUIER (R.), 1937. — L'organisation des recherches et de la lutte rationnelle contre le criquet marocain en Algérie. *Int. Loc. Conf. Appl. Le Caire*, 39, 12 p.
- PASQUIER (R.), 1946. — Les étapes de la vie de la sauterelle pélerine. *Bull. Sem. Off. Nat. Antiacr., Alger*, n° 1, 1^{er} sem. 1945, 7-12.
- PASQUIER (R.), 1946. — Le criquet marocain en Corse. « *Agria* », *Bull. mens. Assoc. anc. élèves de l'I.A.A.*, 114, 106-111.
- PASQUIER (R.), 1947. — Les acridiens en 1947. « *Agria* » *Bull. mens. Assoc. anc. élèves de l'I.A.A.*, 124, 161-173.
- PASQUIER (R.), 1950. — Observations sur la lutte rationnelle contre le criquet marocain. *Annls. Inst. agric. Algérie*, 5, 13 p.
- PASQUIER (R.), 1952. — Quelques propositions de Terminologie acridologique. 1^{re} note. *Annls. Inst. Agric. Algérie*, 6, 16 p.
- PASQUIER (R.), 1953. — Acridiens (note sur *Doclostaurus maroccanus*). — *Rapport Stat. Exp. Rech. Agron. Alger*, p. 227.
- PASQUIER (R.), 1956. — Quelques propositions de terminologie acridologique. Deuxième Note et Troisième Note. *Bull. Off. Nat. Antiacr.*, 6, 16 p.
- PASQUIER (R.), 1958. — Rapport de mission sur le criquet marocain en Iran. *Rapport inédit à la F.A.O., Rome*, 74 p. + 2 annexes (22 p.).
- PASQUIER (R.), COLONNA-CESARI (X.) & BONFILS (J.), 1952. — Sur la détermination des régions grégaires du criquet marocain *Doclostaurus maroccanus* THUNB., en Corse. *C. r. hebdom. Séanc. Acad. Sci., Paris*, 235, 1157-1159.
- POST (G.), 1932. — Flore of Syria, Palestine and Sinai. *American Press, Beirut*, 2 vol. (vol. 1, 658 p.; vol. 2, 928 p.).
- RASLANE (A.H.), 1968. — Limites de la culture régulière en sec en Syrie. *Rapp. inédit Min. Agric. Réf. agraire, Damas*, 14 p. (en arabe).
- ROOKE (H.D.G.), 1930. — Note on Locusts in Iraq and the control measures adopted. *Dep. Agric. Iraq, Mem.*, 13, 13 p.
- SKAF (R.), 1951. — Rapport final d'une réunion régionale sur le criquet marocain, Damas 10-15 déc. 51. *Rapport inédit Min. Agric. Damas*, 35 p.
- SKAF (R.), 1953. — A rapid view of the Moroccan Locust problem in Syria. *Unpublished report. Min. Agric. Damascus*, 19 p.
- TAYEH (F.), 1963. — Les problèmes de la steppe syrienne. *Rapport 4^e semaine des sciences*, Damas, 111-141 (en arabe).
- UNESCO, 1961. — A History of Land use in arid Regions. *Edit. L.D. Stamp. Arid Zone Research*, 17, 388 p.
- UNESCO, 1964. — Utilisation des terres en climat semi-aride méditerranéen. *Colloque UNESCO/Union géog. intern., Heraklion (Grèce)*, 19-26 sept. 62. *Rech. sur la zone aride*, 26, 170 p.
- UNESCO/FAO, 1963. — Bioclimatic map of the Mediterranean zone. 1:5 000 000; Explanatory notes, 58 p.
- UNESCO/FAO, 1967. — Carte de la végétation de la région méditerranéenne. 1:5 000 000 and Explanatory notes.
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 1965 à 1968. — World weather Records 1951-1960. Washington D.C., 6 vol. (vol. 2, 547 p.; ovl. 4, 576 p.; vol. 5, 545 p.).
- UVAROV (B.P.), 1932. — Bioclimatograph, an improved method for analyzing bioclimatic relation of insects. *Ecology, Brooklyn*, 13, 309-311.
- UVAROV (B.P.), 1932. — Ecological studies on the Moroccan Locust in western Anatolia. *Bull. ent. Res.*, 23, 273-287.

- UVAROV (B.P.), 1933. — Ecology of the Moroccan Locust in Iraq and Syria and the prevention of its outbreaks. *Bull. ent. Res.*, 24, 407-418.
- UVAROV (B.P.), 1956. — The Locust and Grasshopper Problem in relation to the Development of arid lands. [In: The future of Arid lands]. *Amer. Assoc. for the Adv. of Sc.*, Wash. D.C., 384-389.
- UVAROV (B.P.), 1957. — The aridity factor in the ecology of locusts and grasshoppers of the old world. [In: Human and Animal Ecology. Reviews of Research. Paris, UNESCO, 164-198]. *Arid Zone Research*, 8.
- UVAROV (B.P.), 1962. — Development of Arid Lands and its ecological effects on their insect fauna. The Problems of the Arid zone. *Proc. Paris (1960) symposium*, Paris, UNESCO, 235-248 (*Arid zone Research*, 18).
- UVAROV (B.P.), CHAPMAN (E.), WALOFF (N.) & WATERSON (A.R.), 1951. — Observations on the Moroccan Locust (*Dociostaurus maroccanus* THUNB.) in Cyprus, 1950. *Anti-Locust Bull.*, London, 10, 52 p.
- VAN DER VEEN (J.P.H.), 1960. — Report to the Government of Iraq on Pasture and Fodder Development. *Rapport FAO/ETAP n° 1292*, 50 p.
- VAN DER VEEN (J.P.H.), 1967. — Report to the Government of Syria on Range management and Fodder Development. *Rapp. FAO n° 2351*, PL: TA/43, 76 p.
- VAN LIERE (W.J.), 1965. — Report to the Government of Syria on the Classifications and Rational utilizations of soils. *Rapp. FAO No 2075*, 151 p.
- WATERSON (A.R.), 1951. — The Locusts and Grasshopper Problems in the Hashemite Kingdom of the Jordan. *Unpublished report in Anti-Locust Res. Centre.*, London, Aug. 51, 4 p.
- WEULERSSE (J.), 1946. — Paysans de Syrie et du Proche-Orient. *Gallimard*, Paris, 329 p.

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE POUR LE PARC NATUREL RÉGIONAL DU BUGEY

AVANT-PROPOS

par A. L. ROUX (1)

Le projet de « Schéma d'aménagement de l'aire métropolitaine Lyon - Saint-Etienne », présenté par l'O.R.E.A.M., prévoit des « espaces régionaux de loisirs ». Leur vocation est tout à la fois de constituer des aires de détente pour les citoyens, de promouvoir l'économie de secteurs ruraux et d'en faire des zones de protection de la nature et des sites. Ce triple but correspond précisément à celui qui fut assigné aux Parcs Naturels Régionaux.

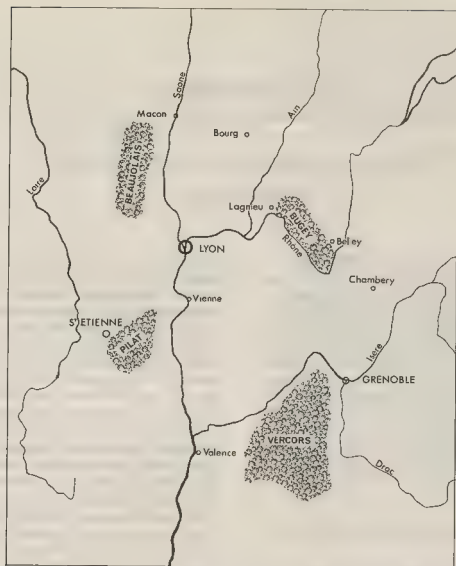
À l'intérieur de l'aire métropolitaine Lyon - Saint-Etienne, deux « espaces » ont été retenus : le Massif du Pilat et les monts du Beaujolais, le premier ayant récemment vu son classement en Parc Naturel Régional officiellement reconnu. En dehors de l'aire métropolitaine, mais la jouxtant de très près, respectivement au nord-est et au sud-est, deux autres régions, le Vercors et le Bas-Bugey répondent par leurs caractéristiques aux exigences signalées ci-dessus. Le Vercors, plateau calcaire situé au sud de l'Isère, a déjà lui aussi reçu le « label » Parc Naturel Régional. Le Bas-Bugey, objet de la présente publication, est le massif calcaire située entre la plaine de Lagnieu et le bassin de Belley, contourné par le Rhône au sud et à l'ouest, encadré par l'Albarine et la Cluse des Hôpitaux au nord et à l'est; le classe-

ment de cette zone en Parc Naturel Régional est encore à l'étude (Carte n° 1).

Pourtant, dès 1968, un groupe de Bugistes convaincus de la nécessité de préserver la personnalité de leur région et d'en contrôler l'avenir décidait de fonder l'« Association des Amis du Parc Naturel Régional du Bugey ». Leur souci de concilier mise en valeur et protection du massif bugiste s'avère délicat. En effet, les populations bugistes vivent encore en harmonie avec leur milieu naturel et il deviendra de plus en plus difficile d'« épargner le mirage de l'expansion à des esprits d'autant plus vulnérables qu'ils n'en avaient aucune expérience jusqu'à ce jour ». L'ensemble des efforts de l'Association des Amis du Parc Naturel Régional du Bugey doit se concrétiser par l'élaboration de l'avant-projet de charte du Parc.

En 1970, un groupe de scientifiques, lyonnais et grenoblois décidait d'apporter sa contribution à la constitution du dossier et de dresser un inventaire préliminaire des richesses naturelles du Bas-Bugey. Ainsi se constituait une équipe pluridisciplinaire dans laquelle géologues, préhistoriens, climatologues, botanistes, hydrobiologistes, ornithologues et mammalo-

(1) Ecologie et Dynamique des populations, Département de Biologie animale, Université Claude Bernard, Lyon I, 43, boulevard du 11 novembre 1918, 69 - Villeurbanne.



CARTE 1. — Les « espaces régionaux de loisirs » à proximité de Lyon.

gistes s'efforcèrent de dresser un premier bilan en quelques mois. Ces premiers travaux, dont le niveau varie en fonction de celui des connaissances anté-

rieures, font l'objet de la présente récapitulation. Nous remercions la Société d'Ecologie d'avoir bien voulu les accueillir dans son Bulletin.

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE POUR LE PARC NATUREL RÉGIONAL DU BUGEY

1. — APERÇU GÉOLOGIQUE ET GÉOGRAPHIQUE

par R. ENAY (1)

Le massif du Bas-Bugey a reçu de la part des géologues et des géographes des noms divers, mais l'accord a toujours existé sur ses limites. Bien circonscrit par le Rhône, la profonde entaille de l'Albarine moyenne et de la cluse des Hôpitaux, le Bassin tertiaire de Belley et la plaine de Lagnieu, ce massif présente une réelle individualité morphologique, marquée par son isolement et une pénétration relativement difficile. Malgré ses caractères particuliers, le Bas-Bugey fait partie de cet ensemble plus vaste qu'est la chaîne du Jura et c'est dans son cadre jurassien que les traits géologiques et géographiques propres au Bas-Bugey prennent tout leur sens.

LE BAS-BUGEY DANS SON CADRE JURASSIEN

Dans la partie la plus méridionale du Jura, le *Bas-Bugey* appartient au *Jura plissé* dont il forme le faisceau externe (à l'Ouest). Il domine, sur la rive gauche du Rhône, l'île Crémieu, élément du *Jura tabulaire*, prolongée sur la rive droite par le plateau de Chaillon-Villebois. Ainsi, limite géographique et limite structurale ne coïncident pas.

Le plateau jurassien, faillé mais non plissé, forme un avant-pays à la mesure du Bas-Bugey. Restée en saillie, grâce à un jeu de failles par rapport aux

mêmes terrains actuellement enfouis à plusieurs milliers de mètres sous le remplissage des bassins tertiaires (Bas-Dauphiné, Dombes...), l'île Crémieu paraît cependant « effondrée » par rapport à la masse imposante du Bas-Bugey qui la domine. Aussitôt le Rhône franchi, à 200 m d'altitude environ, le Jura plissé s'élève par paliers, mais assez rapidement tout de même, à plus de mille mètres. Les deux régions sont ainsi complémentaires l'une de l'autre et témoignent par leur juxtaposition de l'intensité des efforts tectoniques responsables des structures et du relief jurassiens. L'opposition des caractères tectoniques et géographiques actuels ne doit pas masquer une longue histoire, en grande partie commune, qui a conduit à leur individualisation.

L'histoire antétertiaire est aussi celle des mers et de l'ancien domaine de sédimentation jurassien au cours du Jurassique et du Crétacé. Entre le Bassin parisien et la mer alpine plus profonde, Jura tabulaire et Jura plissé occupent l'emplacement d'une ancienne plate-forme.

Dans ces mers peu profondes se sont accumulés des dépôts variés, parmi lesquels dominent les calcaires, les marnes ou les alternances de marnes et de calcaires (surtout au SE). Le caractère peu profond de ces dépôts se marque par la fréquence des lacunes dues à des arrêts de sédimentation ou des érosions et le faciès, aussi bien dans la nature du

(1) Département des Sciences de la Terre, Université Claude Bernard, Lyon 1, 43, boulevard du 11 novembre 1918, 69 - Villeurbanne.

sédiment (niveaux à débris ou à algues, calcaires à polypiers) que dans les fossiles qui représentent les anciens peuplements des fonds marins ou même, plus rarement, des terres émergées.

La profondeur de ces mers secondaires n'a jamais dépassé 100 à 200 mètres et nous verrons que la série sédimentaire correspondante atteint un millier de mètres dans le Bas-Bugey. Cette contradiction apparente oblige à admettre un enfoncement progressif des fonds parallèlement à la sédimentation. Cette subsidence traduit une mobilité de la plate-forme jurassienne qui va s'implifier au cours des déformations tectoniques du Tertiaire.

L'évolution tectonique au cours du Tertiaire intéresse un domaine émergé et soumis à l'érosion continentale depuis la fin du Crétacé. Pour le Bas-Bugey, les dépôts tertiaires, brèches et calcaires lacustres à *Helix* de l'Oligocène, molasse marine du Miocène, occupent des superficies limitées à la périphérie du massif : Arandon près Groslée, Belley, Ambérieu; les seuls affleurements connus au cœur du massif sont les lambeaux de molasse du synclinal crétacé du Lac d'Ambléon.

Ainsi pendant tout le Tertiaire, et même au maximum de la transgression miocène, avec le reste du Jura, le Bas-Bugey, prolongé vers le SW par l'Île Crémieu formant promontoire dans la mer miocène, a constitué un vaste domaine émergé, en relief, peuplé de Mammifères dont les restes sont conservés dans les fentes des calcaires jurassiques à la Grive-Saint-Alban (près Bourgoin) et dans les lignites de l'ancien marécage de Soblay (près Pont d'Ain).

Parallèlement à cette évolution continentale se succèdent au cours du Tertiaire deux périodes de déformations aux caractères bien différents :

— une *fracturation*, suivant un jeu de failles en extension, d'âge oligocène, contemporaine des effondrements de type bressan, met en saillie une grande partie de l'ancienne plate-forme (= horst jurassien) découpée par des failles et ondulée. La transgression miocène s'effectue dans ce cadre et envahit les zones synclinales basses (Belley, Ambléon...).

— une *compression*, d'âge miocène terminal, progressive ou accentuée le décollement de la « couver-

ture » des terrains sédimentaires par rapport au « socle » au niveau du Trias argilo-gypsifère plastique. Seuls les terrains secondaires et tertiaires de la couverture sont affectés par le plissement. Les panneaux dénivelés par faille et surtout leurs bordures sont déformés dans le cadre tracé par la fracturation oligocène et l'évolution morphologique au cours du Miocène.

En résumé, le Jura (et le Bas-Bugey) est une chaîne de couverture, réalisée « à sec », superposant des failles oligocènes et des structures en compression miocènes.

LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE DU BAS-BUGEY

Le massif est formé essentiellement par les dépôts accumulés au cours du Jurassique et du Crétacé. En effet, l'épaisseur de cette série dont le Jurassique occupe la plus grande part, atteint environ un millier de mètres. Les dépôts tertiaires ne jouent qu'un rôle effacé malgré leur importance pour retracer l'histoire tertiaire de la région. Nous pouvons séparer plusieurs ensembles basés sur la succession normale des terrains mais aussi sur les caractères lithologiques et leur rôle structural ou morphologique.

Un premier ensemble correspond au *Trias* et au *Lias* (= *Jurassique inférieur*). Les affleurements en sont limités à l'extrémité nord-ouest. Le Trias est formé d'argiles, dolomies et gypses, déposés en milieu continental ou lagunaire. Il finit par des grès et des marnes à intercalations calcaires à fossiles marins amorçant la transgression du Jurassique. Le Lias est à dominante marneuse ou marno-calcaire, avec intercalations calcaires comme les calcaires à Gryphées. Au sommet, les calcaires oolithiques ferrugineux, anciennement exploités comme « minerai de fer » à Villebois, correspondent à un régime de lacunes et précèdent un changement complet de la nature des dépôts. L'épaisseur est de 150 m au moins.

Au *Jurassique moyen* (= *Dogger*) se développent surtout des calcaires formant de hautes falaises rousses ou ocrées. De la base au sommet se succè-

dent : calcaires à entroques avec lentilles construites à polypiers à deux niveaux dans la partie supérieure, calcaires oolithiques et à gros débris, calcaires à « oursins » et à fin débris, parfois à silex (« choïn » de Villebois). Cette phase de sédimentation calcaire se termine elle aussi par des niveaux condensés et lacunaires, en partie oolithiques et ferrugineux, fossilifères. L'épaisseur atteint 250 m.

Une deuxième série marneuse correspond à l'Oxfordien qui appartient déjà au Jurassique supérieur. A la partie inférieure sont surtout développés des marnes et des marno-calcaires, souvent riches en fossiles pyriteux, dans lesquels s'intercale la « barre » calcaire des couches à spongiaires remarquable par ses constructions (= biohermes) à allure récifale. Vers le haut, les intercalations calcaires de plus en plus nombreuses, avec encore des biohermes localement, assurent le passage à la formation suivante. Épaisseur : 100 m.

Le Jurassique supérieur calcaire (= Malm) offre généralement le faciès de calcaires blancs ou de teinte claire faciles à distinguer des calcaires jaunes du Dogger. L'évolution est progressive : calcaires à grains fins, calcaires à nodules algaires (dits « pisolithiques »), calcaires à débris ou organogènes, « complexe » corallien comprenant : calcaires à polypiers, calcaires lithographiques (Cerin) et calcschistes bitumineux (Armailles), enfin des niveaux à nérinées et dolomitiques précédant l'émersion purbeckienne. Épaisseur : 350 m.

Les marnes vertes, les calcaires à cailloux noirs et les brèches du *Purbeckien*, à algues (characées) et organismes (ostracodes, gastéropodes) d'eau douce ou saumâtre, traduisent une *émersion* du domaine jurassien à la limite Jurassique-Crétacé. L'épaisseur est de 15 m seulement.

La transgression marine du Crétacé inférieur qui revient presque aussitôt, a laissé d'importantes assises calcaires détritiques ou oolithiques, terminées par les calcaires pararécifaux de l'Urgonien formant les falaises entre Chazey-Bons et Pugieu. Épaisseur de 130 m.

La série secondaire se termine ici avec l'Urgonien, les termes plus récents du Crétacé, connus ailleurs,

ayant été enlevés par les érosions tertiaires, après l'émersion générale de la fin du Crétacé.

Si le Tertiaire représenté surtout par la molasse, dont nous avons déjà signalé les principaux affleurements, ne joue qu'un rôle effacé, les dépôts quaternaires occupent des surfaces importantes : boue glaciaire et alluvions graveleuses en placage sur les pentes ou tapissant le fond des dépressions.

LA STRUCTURE DU BAS-BUGEY

1) Pour la *description des éléments structuraux* on peut séparer, grâce au synclinal crétacé du Lac d'Ambléon et le décrochement de la Burbanche, deux domaines auxquels correspondent deux des plus hauts sommets du massif.

Le *faisceau de Portes* est surtout développé dans la partie nord. Il se termine au SE par les hauteurs au sud de Lhuis et la Montagne Saint-Benoît. Il est formé d'une série de bandes faillées grossièrement parallèles allongées suivant la direction générale du massif. Les compartiments pliés en voûte anticlinale ou synclinale sans jamais former de plis réguliers de type jurassien sont séparés par des failles parfois chevauchantes.

A partir des noyaux anticlinaux de Dogger on peut reconnaître :

— le *monoclinal de Souclin* prolongé au Sud par le pays de Montagnieu-Lhuis, haché de failles, bordé sur son arrière par la bande synclinoriale écaillée de la Forêt d'Aillon.

— le *voussoir anticlinal du Mont-Falcon-Bénonces-Tenianet*, largement chevauchant sur l'unité précédente dans sa partie nord-ouest, près de Fay, où affleure le Trias/Lias. Sur son flanc oriental, à partir du décrochement du Bret et vers le SE, se développe le synclinal du Bois de la Morgne - Lac d'Ambléon.

— l'*anticlinal de Crêt de Pont* et l'*anticlinal complexe de Saint-Rambert-Chariot*, d'abord séparés par la bande oxfordienne de Conand-Javornod, puis réunis avant de s'ennoyer à hauteur du décrochement de la Burbanche. Le Jurassique supérieur de la retombée orientale forme la Montagne d'Arandaz

séparée de son prolongement naturel, le plateau d'Hostiaz, par l'entaille de la cluse des Hôpitaux.

L'Anticlinal du Molard Dedon-Prémeyzel, apparu au SE d'Ordonnaz, tranche dans la morphologie du massif et aussi par son style déjà à caractère haut-jurassien. La flexure de Saint-Germain les Paroisses - Ambléon sépare la culmination du Molard Dedon de l'anticlinal de Prémeyzel terminé par l'enveloppe périclinale crétacée de la Montagne d'Izieu à la pointe méridionale du massif.

C'est dans le Jurassique supérieur de la retombée orientale que s'ouvre le synclinal crétacé de Prémeyzieu, amorce du bassin de Belley.

2) Parmi les caractères structuraux d'ensemble apparaît tout d'abord nettement l'allongement structural NW-SE de toutes ces unités; amorcé à partir de la cluse de l'Albarine, il coïncide avec l'existence de l'avant-pays tabulaire et une des directions de faille de l'Île Crémieu. Cependant, dans la partie est, en bordure du bassin de Belley la direction N-S réapparaît.

En outre, avec moins d'évidence, on peut reconnaître des accidents transversaux, obliques sur les accidents majeurs, de direction générale N-S. Dans le prolongement du décrochement de la Burbanche, déjà cité, un ensellement sépare le Molard Dedon du faisceau de Portes, mais aussi, la culmination du Tentanet (avec le Dogger de Crotel). Vers le Sud, il coïncide avec la molasse d'Arandon et la disparition près de Groslée de l'unité la plus externe. De Contrevoz à Ambléon, la flexure de Saint-Germain les Paroisses entraîne la plongée axiale du Molard Dedon et du synclinal du Lac d'Ambléon (le Crétacé passe de 712 m à 375 m en 2 km).

Malgré les culminations du Molard Dedon et de Crotel (liées aux accidents transversaux) apparaît nettement une montée axiale vers le NW des unités du faisceau de Portes. Pour des tranches d'altitude identiques, au NW, le Dogger (localement le Trias/Lias) affleure largement dans les noyaux anticlinaux utilisés pour décrire les unités, au SE, le Jurassique supérieur et le Crétacé ont au contraire un développement plus important. En accord avec cette montée

axiale, les structures les plus chevauchantes se rencontrent dans la partie nord-ouest du massif.

3) La genèse de cette structure peut être replacée sans peine dans le cadre déjà tracé pour le Jura. La fracturation oligocène sépare l'Île Crémieu restée accrochée à son socle de Chamagnieu et détermine les premiers linéaments du Bas-Bugey par un découpage suivant des failles NW-SE. Les mouvements en compression du Miocène au niveau de la couverture décollée cisailent et déforment les failles préexistantes, localement transformées en chevauchement « épi-glyptique » sur des surfaces d'érosion. Ainsi, l'ensemble paraît « bousculé » du NE vers le SW en direction de l'avant-pays resté stable. A ces déformations transversales il faut ajouter sans doute un jeu longitudinal avec coulisage des compartiments le long des accidents responsables en partie des chevauchements et qui trouve son expression la plus nette « en bout » du massif dans les « écaillés d'Ambréieu » reconnues par les forages de Vaux-Torcieu.

MORPHOLOGIE ET HYDROLOGIE

La géographie du massif est largement tributaire de sa structure : le relief est de type conforme. La nature lithologique et le niveau atteint par l'érosion interviennent également dans le cadre fixé par la structure.

Les éléments morphologiques majeurs sont disposés en direction NW-SE comme les unités tectoniques. Pour la même raison, les falaises formées par les calcaires du Dogger ou du Malm sont orientées dans l'ensemble au SW, représentant le bord frontal des compartiments poussés dans cette direction. Les pentes à l'Est sont souvent boisées, à l'exception des talus oxfordiens et des falaises bordant la cluse de l'Albarine et des Hôpitaux.

Les reliefs sont dégagés dans les calcaires du Dogger et du Malm. Dans la partie nord-ouest dominent les falaises rousses ou ocrées du Dogger jalonnant de longues crêtes couvertes de forêts sauf quand un sol profond a pu s'y installer, par décalcification

ou par apport (glaciaire). Dans les culminations du Molard Dedon et du Tentanet, le rôle morphologique du Dogger est limité : il apparaît en « mont dérivé » au fond de la combe oxfordienne dominé par les crêtes en jurassique supérieur calcaire. A l'extrémité sud-est et sur la bordure orientale les calcaires du Jurassique supérieur forment les crêtes et des plateaux également boisés, souvent plus secs que les reliefs du Jurassique moyen, bordés de falaises avec teintes claires.

Les dépressions sont creusées dans les formations marneuses ou marno-calcaires, en particulier l'Oxfordien qui forme la combe séparant les bandes faillées ou dégagées à la périphérie des noyaux anticlinaux; souvent tapissées de glaciaires elles sont cultivées ou couvertes de prairies qui voisinent avec les reliefs calcaires boisés.

L'hydrologie de surface ou souterraine sera reprise par ailleurs dans d'autres articles de cette monographie. Soulignons ici quelques aspects en relations avec les données géologiques.

Le réseau hydrographique de surface montre des caractères de jeunesse liés à l'altitude relativement élevée du massif par rapport au Rhône qui finit par recevoir toutes les eaux. Aux deux extrémités du massif les cours d'eau (Caline, Setrin, Gland) ont un tracé en grande partie suivant la direction des structures. Sur la face sud-ouest, ils rejoignent directement le Rhône en recoupant les structures (Rhéby, La Perna, La Brive). Mais dans les deux cas, à des degrés variables, le tracé en plan offre un aspect en baïonnette dû à la succession de segments longitudinaux, largement dégagés dans les marnes oxfordiennes, et de segments transversaux, en cluses étroites et à pente forte, dans les calcaires du Dogger.

Les circulations souterraines, fossiles ou actuelles, occupent une place non négligeable bien qu'il n'y ait pas de grands réseaux souterrains. Une grande partie des précipitations s'infiltraient dans les calcaires, sont arrêtées par les marnes du Lias ou de l'Oxfordien et alimentent des sources situées au contact des formations calcaires et marneuses ou dans les zones faillées. Les sources karstiques sont nombreuses, par exemple à la périphérie des reliefs et plateaux cal-

caires d'Innimont-Ordonnaz : sources de Conzieu, d'Ambiéon (émissaire du Lac), sources du Creux de la Roche, au-dessus d'Appregnin, sources de la Tuffière et de Combe noire dans la cluse des Hôpitaux. Les grottes et abris sous roche, liés surtout aux secteurs en falaise, seront examinés à propos des faunes cavernicoles et de la préhistoire.

Les lacs et marais, cette dernière appellation convenant mieux aux étendues d'eau peu profonde du massif, sont surtout représentés dans la partie sud. Le plus grand développement des formations marneuses oxfordiennes n'est pas la seule explication : de nombreux lacs ou marais sont installés sur les calcaires du Jurassique supérieur ou du Crétacé : Ambiéon, Cerin, Armaillies, Millieu... Tous doivent leur existence à la présence du glaciaire argileux et imperméable.

BIBLIOGRAPHIE

- DONZE (P.), 1958. — Les couches de passage du Jurassique au Crétacé dans le Jura français et sur les pourtours de la « fosse vocontienne » (Massifs sub-alpins septentrionaux, Ardèche, Grands-Causse, Provence, Alpes-Maritimes). *Trav. Lab. Géol. Lyon*, N.S., n° 3, 221 p., 32 fig., 6 pl.
- DUBOIS (M.), 1959. — Le Jura méridional. *Soc. Edit. Enseignement supérieur*, 642 p., 43 fig., 3 pl.
- ENAY (R.), 1966. — L'Oxfordien dans la moitié sud du Jura français. Etude stratigraphique. *Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon*, N.S., fasc. 8, 2 vol., 624 p., 178 fig., 40 pl.
- GLANGEAUD (L.), 1948. — Les nouvelles théories sur la formation du Jura. *Bull. Soc. Hist. nat. Doubs*, n° 52, p. 5-16.
- GLANGEAUD (L.), 1949. — Le rôle du socle dans la tectonique du Jura. C.R. sessions extraordinaires. *Mém. Soc. géol. Belg.*, 73, p. 57-94.
- GLANGEAUD (L.), 1949. — Les caractères structuraux du Jura. *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, XIX, p. 669-688, 1 tabl., 2 fig.
- GLANGEAUD (L.), 1951. — Les problèmes du Jura. *Bull. Soc. géol. France*, sér. 6, III, p. 697-702.
- GUILLAUME (S.), 1966. — Le Crétacé du Jura français. *Bull. Bur. Rech. Géol. min.*, Paris, n° 1, 2, 3, 5; 297 p., 95 fig., vi pl.
- JACQUEMIN (M.E.), 1889-1891. — Etudes sur les terrains secondaires du département de l'Ain. *Ann. Soc. Emul. Ain*, XXII, p. 1-72, pl. I-II; XXIII, p. 73-281, pl. III-XI, 2 tabl.; XXIV, p. 281-475, pl. XII-XV, 3 tabl.

- MANGOLD (C.), 1971. — Stratigraphie des étages Bathonien et Callovien du Jura méridional. *Thèse de Doctorat*, Lyon, n° 718, fasc. 1 : p. 1-175, fasc. 2 : p. 177-366, fig. 1-119.
- MARGERIE (E. de), 1936. — Le Jura. Mém. pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. *Imp. Nat.*, Paris, 2 vol., 1542 p., 1448 fig., 19 pl.
- RICHE (A.), 1893. — Etude stratigraphique sur le Jurassique inférieur du Jura méridional. *Ann. Univ. Lyon*, VI, 3, 396 p., 40 fig., 2 tabl., 2 pl.
- SIGAL (J.), 1962. — Contribution à l'étude du faisceau occidental du Jura bugesyan (feuille de Belley au 50 000^e). *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 268, LIX, p. 1-77, 3 fig., 2 pl.

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE POUR LE PARC NATUREL RÉGIONAL DU BUGEY

2. — CLIMATOLOGIE

par H. BON (*)

AVANT-PROPOS

Les postes climatologiques sélectionnés au voisinage immédiat du parc naturel du Bugey — Montagnieu (220 m), Lhuis (225 m), Tenay (350 m), Belley (276 m) — ne peuvent donner des indications que sur les versants Ouest du Massif et les vallées encaissées de l'Albarine et de la Cluse des Hôpitaux.

Il n'existe pas de poste à l'intérieur du massif du Bugey. Celui d'Hauteville-Lompnes (820 m), choisi en raison de sa proximité, de son altitude et de son exposition, doit donner une assez bonne approximation des conditions qui pourraient être réellement observées sur le site.

Tous ces postes effectuent des mesures pluviométriques et donnent parfois une brève description du temps.

Deux seulement effectuent des mesures thermométriques : Montagnieu et Hauteville.

La période de mesures choisie est la décennie 1961-1970, sauf pour Hauteville-Lompnes qui ne fonctionne que depuis mai 1963.

A. — LES PRÉCIPITATIONS

I. RÉGIME DES PRÉCIPITATIONS (fig. 1)

I.1. Hauteurs annuelles des précipitations.

La répartition annuelle des précipitations fait ressortir l'influence de l'altitude (934 mm à Montagnieu, 1 588 mm à Hauteville). Toutefois, il est à noter que la pointe Sud du Massif reçoit annuellement des précipitations plus importantes à altitude sensiblement égale (Lhuis : 1 164 mm; Belley : 1 219 mm) ainsi que les vallées encaissées (Tenay : 1 479 mm).

I.2. Hauteurs mensuelles des précipitations.

Les hauteurs moyennes mensuelles présentent des similitudes pour tous les postes retenus. A savoir :

- a) un maximum en mars, lié à un régime d'Ouest prédominant;
- b) un minimum absolu en juillet favorisé par

(*) Direction Régionale Météorologique Centre-Est, Lyon.

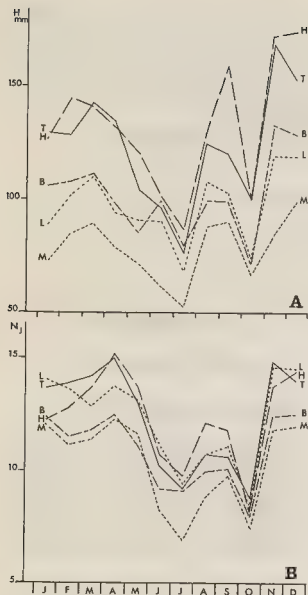


FIG. 1. — Régime des précipitations.

A. Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations.

B. Répartition mensuelle des jours de précipitations (nombre moyen). M = Montagnieu; L = Lhuis; B = Belley; H = Hauteville

les masses d'air sec et chaud s'étendant sur la région;

c) un maximum en août-septembre lié aux précipitations orageuses;

d) un minimum en octobre dû à la particularité de ce mois dans la région;

e) un maximum absolu en novembre, mettant en valeur l'effet d'altitude et l'ouverture à l'Ouest de la vallée de l'Albarine.

I.3. Nombre de jours de précipitations.

Il y a jour de précipitations lorsque la hauteur d'eau mesurée en 24 heures, est égale ou supérieure à 0,1 mm.

I.3.1. Répartition annuelle.

La moyenne annuelle varie de 123 jours (Montagnieu) à 149 jours (Hauteville).

Elle est moins élevée à Belley (131 j.) qu'à Lhuis (147 j.), ou Tenay (148 j.).

I.3.2. Répartition mensuelle.

Elle est sensiblement parallèle à la courbe des hauteurs mensuelles de précipitations. C'est ainsi que l'on trouve :

a) un minimum absolu en octobre (7 à 9 jours en moyenne par poste);

b) un minimum en juillet (7 à 10 jours en moyenne par poste);

c) un maximum en novembre-décembre et en mars-avril (12 à 15 jours en moyenne par poste).

I.4. Intensité des précipitations.

La durée des précipitations constitue un des critères de la pluviosité. Les postes auxiliaires n'étant pas équipés de pluviographes, le nombre de jours de précipitations, supérieures ou égales à 30 mm en 24 heures, a été retenu. Ce nombre varie sur 7 ans (1964-1970) de 24 (Montagnieu) à 65 (Hauteville) avec des pointes marquées en septembre et en novembre.

Nombre de jours de fortes précipitations
 $H \geq 30$ mm en 24 heures; 1964-1970

1964-1970	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
<i>Montagnieu</i>		2	1	1		2	2	2	3	3	3	5	24
* 1	1	6	4	3	4	3	5	5	9	5	11	9	65
<i>Lhuis</i>		2	2	3	2	4	3	3	8	4	6	2	39
* 3		3	2	4	2	5	3	8	9	6	8	4	54
<i>Belley</i>		1	3	3		6	2	5	5	4	8	3	40
* 1		1	4	3		8	3	7	5	6	11	5	53
<i>Tenay</i>	4	4	6	3	3	5	3	4	8	6	9	6	61
* 4	4	6	8	6	3	6	3	9	9	8	15	8	85
<i>Hauteville</i>	1	6	4	3	4	3	5	5	9	5	11	9	65

* période 1961-1970

Précipitations maximales en 24 heures

<i>Montagnieu</i>	78,0 mm (oct. 68)	
<i>Lhuis</i>	67,0 mm (août 65 et oct. 70)	67,5 mm (déc. 65)
<i>Belley</i>	57,0 mm (juin 70)	58,7 mm (nov. 63)
<i>Tenay</i>	57,9 mm (oct. 64)	75,0 mm (déc. 62)
<i>Hauteville</i>	76,6 mm (octobre 70)	

II. LA NEIGE.

II.1. Nombre de jours de chute de neige (fig. 2).

La journée est qualifiée « jour de neige » même s'il ne tombe que quelques flocons en 24 heures.

II.1.1. Répartition annuelle.

Le nombre de jours de chutes de neige oscille entre 12 (Montagnieu) et 44 (Hauteville). L'influence de l'altitude est caractéristique.

II.1.2. Répartition mensuelle.

Les chutes de neige intéressent spécialement les mois de décembre à février. Elles sont plus précoces en altitude (5 jours en moyenne en novembre à Hauteville) où elles peuvent persister jusqu'en avril.

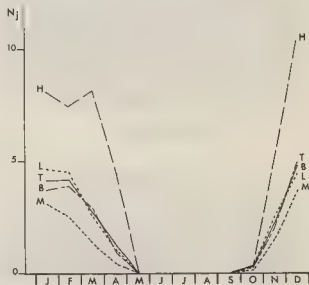


FIG. 2. — Répartition mensuelle du nombre de jours avec chutes de neige.

II.2. L'enneigement.

L'enneigement est fonction de la quantité de neige tombée et de la température.

Les données des postes auxiliaires sont malheureusement fragmentaires et sujettes à caution. Il faut tenir compte, en outre, des formations de congères, dues à l'accumulation de la neige en certains points suivant le flux du vent, et de la décroissance des températures avec l'altitude.

Épaisseur maximale de neige au sol

Montagnieu	32 cm (déc. 1970)
Lhuis	30 cm (jan. 1968)
Belley	30 cm (nov. 1965) pas de mesures de 1967 à 1970
Tenay	37 cm (mars et déc. 1970)
Hauteville	100 cm (janv. 1968) 105 cm (févr. 1968) 70 cm (mars 1970) 40 cm (avril 1970) 35 cm (nov. 1965)

Il ressort qu'en altitude un enneigement assez important peut commencer dès novembre et se prolonger parfois jusqu'en avril. Cependant, il est probable que dans le massif, à altitude égale, l'enneigement est moins important et moins durable qu'à Hauteville où le climat continental est plus accusé.

L'enneigement reste assez insignifiant en général dans les vallées mais les formations verglacées y sont fréquentes.

B. — LES TEMPÉRATURES

Les données thermométriques de Montagnieu sont disponibles de 1961 à 1963 et de 1965 à 1970. Celles d'Hauteville le sont à partir de décembre 1965 (fig. 3).

La période de mesures choisie a été la période 1966-1970.

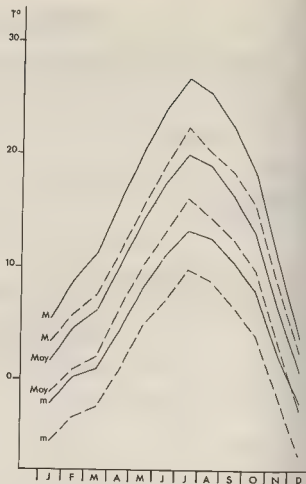


FIG. 3. — Moyennes mensuelles des températures quotidiennes. M = maxima; m = minima; Moy. = moyennes; — : Montagnieu; - - - - - = Hauteville

Les courbes des moyennes de températures présentent les mêmes accidents à Montagnieu et à Hauteville. La décroissance avec l'altitude est nettement marquée.

I. TEMPÉRATURES MINIMALES (m).

Pour la période considérée, le minimum absolu a été de $-23,9^{\circ}$ à Hauteville (janv. 1968) et de $-20,0^{\circ}$ à Montagnieu (janv. 1968) où l'on a mesuré $-23,0^{\circ}$ en janvier 1963.

Les gelées sous abri (température égale ou inférieure à zéro degré) peuvent commencer en août et se prolonger jusqu'en juin à Hauteville.

Le nombre moyen annuel de jours de gelée sous abri est de 86 à Montagnieu et de 130 à Hauteville. Le maximum constaté est atteint en décembre dans les deux postes.

II. TEMPÉRATURES MAXIMALES (M).

Pour la période considérée, le maximum absolu a été de 38,4° à Montagnieu (juillet 1967) et de 30,4° à Hauteville (juillet 1968).

Les jours de chaleur (température égale ou supérieure à 25° sous abri) peuvent être assez nombreux dès avril et persister jusqu'en octobre à Montagnieu.

Le nombre moyen annuel de jours de chaleur est de 65 à Montagnieu et de 15 à Hauteville.

Le maximum mensuel se situe en juillet dans les deux postes.

III. TEMPÉRATURES MOYENNES $\frac{m + M}{2}$

L'amplitude est sensiblement la même dans les deux postes.

La moyenne annuelle est de 10,8° à Montagnieu et de 7,0° à Hauteville.

La température moyenne minimale est notée en décembre. Les températures montent ensuite régulièrement, passent par un maximum en juillet, puis redescendent.

IV. EFFET DU RELIEF SUR LES TEMPÉRATURES.

Le relief tourmenté du massif détermine une infinité de micro-climats que l'absence de postes ther-

mométriques ne permet pas de définir d'une façon précise.

En été, les vallées encaissées restent relativement chaudes la nuit comme le jour alors que les nuits sont fraîches en altitude. En hiver, l'ensemble de la région est marquée par un froid intense. Les inversions de températures consécutives aux brises de pentes, favorisant la formation de brouillard dans les vallées, peuvent persister toute la journée suivant la situation météorologique.

C. — LES VENTS

Les postes auxiliaires ne sont pas équipés d'ensembles anémométriques.

Sur l'ensemble de la région, les vents du Sud à Ouest sont dominants de septembre à mars, exception faite de janvier. D'avril à août, les vents de secteur Nord sont dominants.

Les sommets sont naturellement les plus ventés. La diversité du relief (vallées profondes, combes, crêts) peut apporter des variations sensibles et provoquer en été des brises de pentes pratiquement ininterrompues et des vents locaux très froids en hiver.

D. — LE BROUILLARD

Dès le début de l'automne, les brouillards sont nombreux et persistants au pied des pentes qui dominent le Rhône froid et humide. Par contre, dans la vallée de l'Albarine et la Cluse des Hôpitaux, les formations brumeuses sembleraient plutôt liées aux inversions de température.

Plus on s'éloigne des versants qui dominent le Rhône, moins les brouillards sont fréquents.

E. — L'INSOLATION

Les renseignements sont faibles en ce qui concerne l'insolation. La station météorologique d'Am-bérieu, la plus proche de la région concernée, connaît seulement 1 677 heures d'insolation annuelle (période 1951-1965). La nébulosité est plus forte sur les versants Ouest de la vallée du Rhône. Les vallées très encaissées de l'Albarine et de la Cluse des Hôpitaux laissent de nombreux versants entièrement dans l'ombre.

En altitude, l'insolation est parfois plus marquée que dans les cuvettes par suite des phénomènes nuageux liés aux inversions de température.

CONCLUSION

Le Parc Naturel Régional du Bugey est soumis à un climat à variations importantes entre les parties basses et la montagne. Les variations sont nettement tributaires de l'orographie.

Le climat du Parc Naturel peut être résumé ainsi :

- Fortes précipitations.
- Températures continentales.
- Enneigement variable.
- Vents locaux influencés par les brises.
- Brouillards nombreux sur la face Ouest.
- Ensoleillement plus favorable en altitude que dans les parties basses durant la période hivernale.

Les autres articles sur le Parc Naturel Régional du Bugey paraîtront dans les numéros suivants du Bulletin

APPLICATION DES NOTIONS DE CONTINENTALITÉ AU VELAY-VIVARAIS

ÉTUDE SUR LA CONTINENTALITÉ PLUVIALE MOYENNE

par Raymond GIMILIO (*)

SUMMARY

It is possible to evaluate the continentality's degree of a climate through a pluvial and a thermal components.

It is on purpose of this note to study the continentality of the "Velay-Vivaraïs", on the eastern slopes of french "Massif Central", a place where the mediterranean bioclimate reaches its northern limits. In effect, this country is considered as a climatic "cross-roads" and its available pluviometric data are comparatively plentiful.

The pluvial continentality is characterised by the index of Ph. DACET ("C") who is computed with means values. The index's values, carried back on a map, allow to draw the curves of equal values of C. The one for which $C = 1.0$ marks the boundaries of the non-continental rainfall zone. This curve plotting is compared to those of the superior limit of the "étage méditerranéen humide" and it is then possible to admit the existence of a transition mediterranean area with semi-continental rainfall. The comparison of the same limit with those of the vegetation series allows to conclude that the non-continental rainfall area may correspond, for half of its surface, to an oceanic west coming penetration.

Un climat continental est caractérisé par « un hiver glacial, mais relativement sec, un été chaud et relativement humide » (d'après E. de MARTONNE, 1927). Cette définition souligne bien l'existence de deux composantes dans la notion de continentalité : l'une relative aux précipitations, l'autre relative aux températures. Un certain nombre d'indices ont été proposés pour quantifier chacune de ces composantes.

L'objet du présent mémoire est d'aborder l'étude de la *continentalité pluviale* sur une partie du rebord oriental du Massif central français, plus précisément sur une région centrée sur le Vivarais, débordant en Velay et dans la vallée du Rhône. Les critères du choix de cette région ont été longuement exposés dans deux travaux antérieurs (R. GIMILIO, 1968 et 1971). On peut seulement souligner ici qu'il s'agit d'un carrefour où se croisent de nombreuses influences climatiques; en particulier, on y atteint la limite septentrionale du bioclimat méditerranéen A. BAUDIÈRE et L. EMBERGER, 1959; R. GIMILIO, 1971). Il a donc paru intéressant de comparer les limites tracées d'après ces travaux à celles des différentes zones de continentalité pluviale. De plus on

(*) Laboratoire de géobotanique et systématique méditerranéennes de l'Institut de botanique (Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier).

TABLEAU I
Continentalités pluviales moyennes
calculées sur la période 1931-1960
d'après les données de M. GARNIER (1966)

Station (ordre numérique du code)	Code	Altitude en m	Continentalité pluviale moyenne	Type moyen
<i>Ardèche</i>				
Aubenas (Ecole)	07019	260	1,07	S.C.
Charnes-sur-Rhône	055	115	1,16	S.C.
Cheyrolard, le	064	444	1,00	N.C. (S.C.)
Issanals	105	1220	0,89	N.C.
Joyeuse (Gendarmerie)	110	187	0,99	N.C.
Loubaresse	144	1220	0,72	N.C.
Privas	186	306	1,05	S.C.
Sallières	202	400	0,74	N.C.
Tournon	324	123	1,31	S.C.
<i>Drôme</i>				
Montélimar (Ancône)	26008	73	1,17	S.C.
Valence	362	125	1,22	S.C.
<i>Haute-Loire</i>				
Estables, les (Le Mézenec)	43091	1650	1,18	S.C.
Puy, le (Chadrac)	162	714	1,70	C.
Puy, le (Ville)	157	628	1,56	S.C.
St-Paul-de-Tartas	215	1150	1,31	S.C.
Issingeaux (Versilhac)	268	726	1,38	S.C.

se trouve en présence d'une région où l'altitude varie très rapidement : on passe de 73 m à Montélimar à 1 200 m sur le Plateau (ou Montagne) (1). Les variations du climat dues à l'altitude se font sentir très nettement sur de faibles distances. Il en est de même pour la végétation dont l'aspect et la composition changent rapidement selon l'exposition et l'altitude. Il a donc paru également intéressant d'examiner les rapports entre les diverses limites de continentalité pluviale et celles des principaux étages ou des principales séries de végétation.

Le réseau hydrographique et sa disposition ont intéressé les services de l'« Electricité de France » qui ont implanté, depuis longtemps, de nombreux pluviomètres qui sont venus compléter le réseau local (depuis une vingtaine d'années). Grâce à ces

postes, on dispose d'un nombre relativement élevé d'observations qui ont permis à M. GARNIER (1966) de calculer les moyennes normales sur la période standard « 1931-1960 ». C'est ainsi que 16 stations traitées par cet auteur appartiennent à la région étudiée ici (tableau I). En complément de ce réseau de base, les moyennes calculées par P. ESTIENNE (1956) ont été utilisées; elles se rapportent à une période non standardisée (1880-1949). On notera cependant que cette dernière recouvre plus de la moitié de la période standard (19 années communes). Ce sont 20 stations extraites du travail de cet auteur qui sont concernées par la présente note (tableau II).

1. — NOTION DE CONTINENTALITÉ PLUVIALE

Tous les auteurs s'accordent pour considérer que la continentalité d'un régime pluvial se traduit par

(1) Pour la localisation et les caractéristiques géographiques des différentes régions naturelles du Vivarais, on se reportera au travail de P. BOZON (1963) et à la carte établie d'après cet auteur par R. GIMILIO (1971).

TABLEAU II
Continentalités pluviales moyennes
calculées sur la période 1880-1949
d'après les données de P. ESTIENNE (1956)

Station (ordre numérique du code)	Code	Altitude en m	Continentalité pluviale moyenne	Type moyen
<i>Ardèche</i>				
Aubenas	07019	1535	1,12	S.C.
Chambon-sur-Lignon	051	960	1,12	S.C.
Cheyliard, le	064	463	1,13	S.C.
Fay-sur-Lignon	092	1190	0,90	N.C.
Joyeuse	110	195	1,09	S.C.
Lamastre	129	390	1,15	S.C.
Mirabel-le-Pradel	159	315	1,14	S.C.
Privas	186	300	1,18	S.C.
Saint-Agrève	204	1080	1,10	S.C.
Sainte-Eulalie	235	1360	1,07	S.C.
Saint-Félicien	236	540	1,41	S.C.
Saint-Pierreville	286	560	1,00	S.C. (N.C.)
Valgorge	329	575	0,87	N.C.
Vals-les-Bains	338	246	1,06	S.C.
Vernoux	338	580	1,20	N.C.
<i>Haute-Loire</i>				
Le Mézenc	43091	1535	1,08	S.C.
Le Monastier	135	950	1,20	S.C.
Le Puy	157	715	1,58	S.C.
Tence	244	838	1,09	S.C.
Issingeaux	268	841	1,31	S.C.

une concentration estivale des précipitations (A. ANGOT, 1895; E. BÉNÉVENT, 1926; E. de MARTONNE, 1927; W. KÖPPEN, 1931; L. EMBERGER, 1942 et 1943; C.W. THORNTHWAIT, 1948...). Cette concentration peut être caractérisée par un indice, défini par A. COUTAGNE (1954), et pour lequel Ph. DAGET (1967) a proposé la dénomination d'« indice de continentalité pluviale ». Il se calcule en effectuant le rapport C de la somme des coefficients pluviométriques relatifs (C.P.R.M.) (2) des six mois les plus chauds à la somme de ces coefficients pour les six mois les plus froids (3). Plus simplement, on peut

se contenter du rapport des précipitations du semestre chaud à celles du semestre froid.

A. COUTAGNE retient trois types de pluviosité correspondant aux classes suivantes :

- $C > 1,75$, pluviosité continentale,
- $1,75 > C > 1,00$, pluviosité semi-continentale,
- $1,00 > C$, pluviosité non-continentale.

2. — UTILISATION DE CET INDICE

Ph. DAGET (1967) a défini une *continentalité pluviale moyenne* et une *continentalité pluviale annuelle*, selon le mode de calcul de C .

(2) Voir A. ANGOT (1928) et Ph. DAGET (1967).

(3) Le début de la saison chaude (semestre chaud) et celui de la saison froide (semestre froid) ont été définis d'après l'étude des températures de la région (R. GIMILIO, 1971). C'est, respec-

tivement: mai pour le semestre chaud et novembre pour le semestre froid.

TABLEAU III
Continentalités pluviiales moyennes
calculées sur la période 1891-1930
d'après les données de J. SANSON (1945)

Station (ordre numérique du code)	Code	Altitude en m	Continentalité pluviale moyenne	Type moyen
<i>Ardèche</i>				
Joyeuse	07110	170	1,14	S.C.
Privas	186	300	1,18	S.C.
Vernoux	338	580	1,30	S.C.
Vion (Tournon)	345	131	1,67	S.C.
<i>Drôme</i>				
Montélimar	26008	73	1,21	S.C.
Valence	362	126	1,56	S.C.
<i>Haute-Loire</i>				
Pradelles	43154	1200	0,92	N.C.
Le Puy	157	715	1,66	S.C.
<i>Stations voisines de la zone étudiée</i>				
Annonay	07010	354	1,68	S.C.
Pierrelatte	26355	57	1,41	S.C.

21. *Continentalité pluviale moyenne.*

C'est la valeur de *C* lorsque le calcul est effectué avec des *valeurs moyennes* calculées d'après une *série chronologique continue* de totaux mensuels telles que les fournissent les recueils de moyennes publiés par J. SANSON (1945), M. GARNIER (1966) ou P. ESTIENNE (1956).

22. *Continentalité pluviale annuelle.*

C'est la valeur de *C* lorsque le calcul est effectué avec des totaux mensuels recueillis pendant les 12 mois consécutifs d'une seule année. On obtient ainsi une série chronologique de valeurs de *C* qui permet de calculer la fréquence relative de chacun des trois types de pluviosité et de représenter les stations sur un graphique triangulaire approprié (Ph. DAGET, 1967).

Il serait intéressant de voir dans quelle mesure ce mode d'étude ne pourrait pas être préféré à celui d'indices calculés à partir de moyennes (4).

Le seul indice dont il sera question ici sera l'indice de *continentalité pluviale moyenne*, calculé d'après les données de M. GARNIER et de P. ESTIENNE; les valeurs calculées d'après J. SANSON (1945) sont données à titre de comparaison (tableau III).

3. — PRÉSENTATION DES RÉSULTATS OBTENUS

31. *Variabilité de la continentalité pluviale moyenne dans le temps.*

Le tableau IV permet de comparer les valeurs de *C* obtenues pour des stations dont les valeurs moyennes de précipitations sont données par les deux (ou les trois) auteurs cités (tableaux I, II, III).

(4) Les données annuelles qui ont servi de base aux calculs de M. GARNIER (1966) et P. ESTIENNE (1956) n'ayant pas été publiées ou étant d'un accès difficile, il n'est pas possible, pour le moment, d'entreprendre une telle étude.

TABLEAU IV
Valeur comparée
de la continentalité pluviale moyenne
pour les stations communes aux 3 périodes
de référence

Station (ordre numérique du code)	Code numérique	Continentalité pluviale d'après		
		J. Sanson	P. Estienne	M. Garnier
<i>Ardèche</i>	07019			
Aubenas	07019	-	1,12	1,07
Cheylard, le	064	-	1,13	1,00
Joyeuse	110	1,14	1,09	0,99
Privas	186	1,18	1,18	1,05
<i>Haute-Loire</i>				
Le Puy	43157	1,66	1,58	1,56
Issingeaux	268	-	1,31	1,38

La période (1880-1945) étudiée par P. ESTIENNE possède des parties communes avec celle qui a été étudiée par J. SANSON (1891-1930) et par M. GARNIER (1931-1960). Selon les cas, on note une relative stabilité des valeurs de *C* ou une tendance à la diminution de 1891 à 1960. Il faut également noter que, selon les auteurs, une station n'a pas la même altitude ce qui laisse supposer qu'elle a changé d'emplacement (5). Toutefois, les variations d'altitude restent suffisamment faibles pour qu'il soit possible de penser que le changement d'emplacement du poste n'affecte pas la valeur du coefficient *C* et que c'est bien à une variation climatique qu'est due celle du coefficient.

32. Variabilité dans l'espace de la continentalité pluviale moyenne.

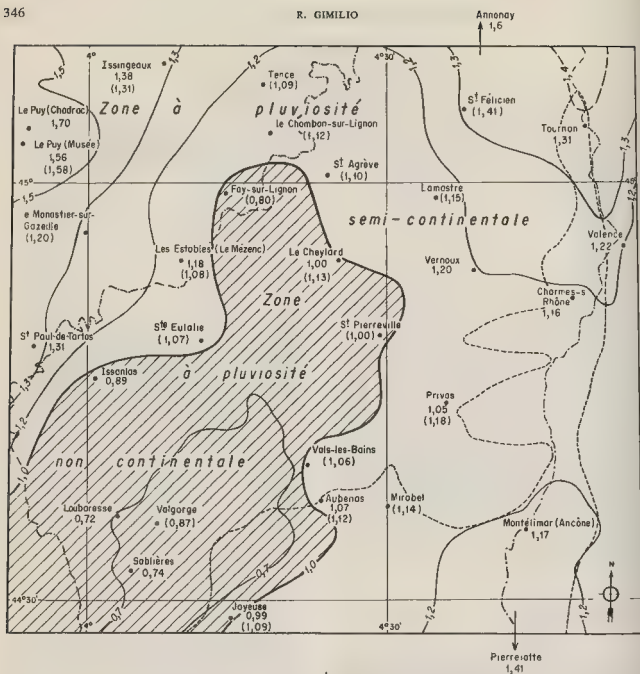
Les valeurs de *C* calculées d'après les données de M. GARNIER ont été reportées sur une carte au 1/500 000; cela constitue un réseau de base qu'il est possible de compléter, compte tenu de ce qui a

été mis en évidence au paragraphe précédent, par les valeurs de *C* calculées d'après les données de P. ESTIENNE. A partir des points ainsi obtenus, et des valeurs qui les caractérisent, on trace la courbe séparant les stations à pluviosité non-continentale ($C < 1,00$) des stations à pluviosité semi-continentale. La carte est complétée par le tracé de quelques isoplèthes, tracé qui a été limité aux valeurs de *C* égales à 0,7, 1,2, 1,3 et 1,5. Faute de plus de données disponibles, d'autres tracés n'ont pas été retenus au delà des deux extrêmes (0,7 et 1,5). De plus, pour éviter une surcharge inutile de la figure, les isoplèthes correspondant à des divisions plus fines n'ont pas été retenues.

La carte obtenue (fig. 1) appelle un certain nombre de commentaires.

On remarque que les plus fortes valeurs de la continentalité pluviale se situent au nord-ouest de la région étudiée (1,50 à 1,70) mais sans atteindre le seuil (1,75) à partir duquel la pluviosité serait de type continental. Cette zone correspond au bassin du Puy-en-Velay. On trouve ensuite un ensemble de stations situées au nord-est (Lamastre, Charmes-sur-Rhône, Tournon, Valence, Saint-Félicien...). Ce groupe correspond au Haut-Vivarais, à l'extrémité est des Boutières et à la partie de la vallée du Rhône qui s'étend au nord de Charmes-sur-Rhône. Il s'agi-

(5) L'histoire d'un poste a une très grande importance. Pour pouvoir valablement comparer des données, il faudrait posséder des séries annuelles communes, établir la corrélation et corriger les chiffres en fonction de cette corrélation. C'est là un travail de longue haleine qui sort du cadre de notre mémoire.



Valeurs de "C"

1,07 Continentalité d'après M. Garner, 1966 - Période 1931-1960

(1,22) Continentalité d'après P. Estienne, 1956 - Période 1880-1949

Limite de département

Limite correspondant à $C = 1,0$

Limite correspondant à une autre valeur de C

Limite hypothétique pour C

Limite septentrionale de l'étage bioclimatique

méditerranéen humide (R. Gimilio, 1971)

FIG. 1. — Distribution de la continentalité pluriale en Velay-Vivarais.

rait là de l'extrémité méridionale d'une zone à forte continentalité localisée sur le cours moyen du Rhône et qui avait déjà été mise en évidence par E. de MARTONNE (1942) et par Ph. DAGET (1968).

La zone à pluviosité non-contientalité englobe la totalité des Cévennes vivaroises, les moitiés ouest des Boutières et du Bas-Vivarais. On peut y distinguer une zone à faible valeur de C ($C < 0,7$) qui corres-

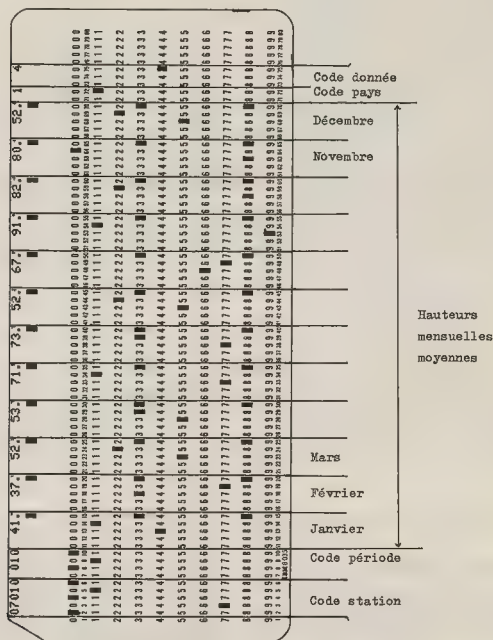


FIG. 2. — Enregistrement sur carte perforée IBM de pluies mensuelles.

pond aux Basses-Cévennes et à la dépression des Gras.

Le manque de stations dans le quadrilatère « Les Etables (Le Mézenc) - Saint-Pierre-ville - Vals-les-Bains - Sainte-Eulalie » ne permet pas de préciser ce qui se passe dans la région de la ligne de sommets qui va du Mézenc au Coiron. Il en est de même dans le triangle « Mirabel - Privas - Montélimar », pour les mêmes raisons. Tout au plus, semble-t-il, on trouverait une zone de continentalité pluviale assez forte autour de Montélimar ($C > 1,1$); en effet, il faut noter que la station de Pierrelatte, au sud de Montélimar, à l'extérieur de la zone étudiée, est caractérisée par $C = 1,41$. Cette station est assez proche de Montélimar pour que ce résultat puisse être pris en compte. Cette remarque est en accord avec l'étude de Ph. DAGET (1968) (6) qui place, entre Orange et Pierrelatte, une zone dans laquelle la continentalité pluviale moyenne est de l'ordre de 1,4.

En résumé, on voit que la zone étudiée est partagée en deux parties, de superficies inégales, par une limite marquant un changement de type de pluviosité. Une correspondance remarquable s'établit aussi entre des groupes de régions géographiques et les régions à pluviosité de type différent. Ces résultats sont en accord avec ceux de l'étude géographique de P. BOZON (1963) et viennent confirmer la valeur de certaines limites de régions. La plupart de ces limites, en Velay-Vivarais, sont en relation avec des accidents topographiques.

Pour compléter ces résultats et en approfondir la signification, il serait intéressant de comparer maintenant les limites des différents types de pluviosité et celles de quelques étages climatiques.

4. — CONTINENTALITÉ ET LIMITES REMARQUABLES

4.1. *Continentalité et méditerranéité.*

L. EMBERGER (1943 et 1955) a exposé les critères permettant de faire la distinction entre les

climats méditerranéens et les climats « dits » continentaux, à l'intérieur du groupe des climats extratropicaux à photopériodisme quotidien et saisonnier. Pour lui, si les premiers sont caractérisés en particulier par une « saison sèche hivernale » et une « pluviosité concentrée sur la saison « chaude », les seconds le sont par une « saison sèche estivale » et une « pluviosité accentuée sur la saison froide ». Il en résulte que le régime pluvial de type continental exclut le régime pluvial méditerranéen. Si on considère le régime semi-continental comme un régime continental atténué présentant des caractères intermédiaires, on se trouve en présence d'une large zone de transition. On peut aussi admettre que ce type intermédiaire résulte de la succession de plusieurs types d'influences et que la pénétration méditerranéenne peut certaines années s'effectuer assez loin vers le nord.

On ne doit pas perdre de vue que le fait de travailler, en climatologie, sur des moyennes *seules* prive d'une part importante de l'information, particulièrement en ce qui concerne la variabilité de l'échantillon (Ph. DAGET, 1967; R. GIMILIO, 1968 et 1971). En effet, une même moyenne peut caractériser deux populations (ou deux échantillons) possédant des variances très différentes. La pluviosité, en un point donné est un phénomène éminemment variable d'une année à l'autre, surtout dans une région qui constitue un carrefour climatique. Ce phénomène a été mis en évidence par B. THIÉBAUT (1968) pour des stations au type climatique moyen pourtant bien défini. On peut donc admettre que certaines années seront de type continental, d'autres semi-continenteles ou non-continenteles, ce dernier type pouvant être océanique ou méditerranéen. On comprendra mieux que Montélimar, station méditerranéenne (L. EMBERGER, 1943 et 1955) soit caractérisée par un régime pluvial semi-continental.

Cette double caractéristique, selon le critère employé, amène tout naturellement à revoir de près le mode de calcul des divers indices. L'emploi du coefficient de continentalité pluviale (voir § 1) revient, à quelques détails près, à comparer le total des pluies du semestre chaud et celui du semestre froid. Or, d'après L. EMBERGER, un climat est médi-

(6) L'étude Ph. DAGET est faite à une échelle plus petite, de l'ordre du 1/1 500 000.

```

// OPTION LIST, LINK, NOLOG
// EXEC FFORTRAN
C PROGRAMME DE CALCUL DE LA CONTINENTALITE PLUVIALE MOYENNE
C ** PROGRAMMEUR GIMILIO RAYMOND
C PROGRAMME POUR IBM 360/40
C * * * * *
C
      DIMENSION P(12),TH(12),IN(13),SN(13),CPM(12)
      READ(1,100)
      100 FORMAT(804      CREATION D'UN TITRE D'IMPRESSION
1
      )
C LECTURE DU NOMBRE DE JOURS/MOIS
      READ(1,102)(IN(I),I=1,13)
      102 FORMAT(13I3)
      P4 DO 10 J=1,13
      10 SN(J)=IN(J)
      WRITE(3,110)
      110 FORMAT(464      CALCUL DE LA CONTINENTALITE PLUVIALE MOYENNE, //)
      WRITE(3,100)
C LECTURE D'UNE CARTE DE DONNEES
      30 READ(1,104)ND,NS,NC,(P(I),I=1,12)
      101 FORMAT(2I3,I4,12F5.0)
C TEST DE FIN DE FICHIER
      IF(ND)21,20,21
C CALCUL DU TOTAL ANNUEL DE PLUIE
      21 PT=0.0
      DO 200 J=1,12
      200 PT=PT+P(J)
C CALCUL DE LA REPARTITION THEORIQUE
      DO 307 J=1,12
      TH(J)=(PT*SN(J))/SN(13)
      307 CPM(J)=P(J)/TH(J)
C CALCUL DE LA CONTINENTALITE PLUVIALE MOYENNE
      CPC=0.0
      CPF=0.0
      DO 310 J=5,10
      310 CPC=CPC+CPM(J)
      DO 311 J=1,4
      311 CPF=CPF+CPM(J)
      DO 312 J=11,12
      312 CPF=CPF+CPM(J)
C CALCUL DE LA CONTINENTALITE PLUVIALE
      CP=CPC/CPF
      WRITE(3,111)ND,NS,NC,CP
      111 FORMAT(124      STATION NO.,I2,I3,I5,/,19H CONTINENT,PLUVIALE,E12.5, //)
      GO TO 30
      20 STOP
      END
      DONNEES DE PLUIE DE SANSON. CODE PERIODE**/004/**
      31 28 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31365
      /*
      /*
      31 28 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31365      NOMBRE DE JOURS DES MOIS
C REPRODUCTION DE L'ETAT LISTE SUR TELETYPE 'ASR 33' DU CII 10010 )

```

FIG. 3. — Etat listé du programme de calcul de « C ».

terranéen si les trois mois les plus chauds de l'année (été) sont écologiquement secs (7). Or, il peut très

(7) Il y a sécheresse estivale si le rapport Pe/Mo est inférieur à 7, Pe étant le total des pluies estivales et Mo la moyenne des températures maximales moyennes de l'été (L. EMBERGER, 1945). On a Valence = 8, Orange et Montélimar = 6,6 d'après cet auteur.

bien arriver que l'été soit sec et que les trois autres mois du semestre chaud soient très pluvieux; la valeur de C peut alors largement dépasser 1,00. Ainsi s'explique qu'une station soit caractérisée par un régime pluvial méditerranéen avec un creux estival et un indice de continentalité pluviale moyenne

```

C PROGRAMME DE CALCUL DE LA CONTINENTALITE FLUVIALE MOYENNE
C ** PROGRAMMEUR GIMILIO RAYMOND
C PROGRAMME POUR CII 10010 CÉPE/CNRS
C * * * * *
C
C      DIMENSION P(12),TH(12),IN(13),SN(13),CPM(12)
C LECTURE DU NOMBRE DE JOURS/MOIS
C26 READ(1,102)IN(13)
C102 FORMAT(13I3)
C TEST DE LECTURE D'UNE CARTE BLANCHE ACCIDENTELLE
C      IF(IN(1))24,25,24
C25 PAUSE 2
C      GO TO 26
C24 DO 10 J=1,13
C10 SN(J)=IN(J)
C23 WRITE(3,110)
C110 FORMAT(46H  CALCUL DE LA CONTINENTALITE FLUVIALE MOYENNE,/)
C LECTURE D'UNE CARTE DE DONNEES
C30 READ(1,101)ND,NS,NC,P(12)
C101 FORMAT(2I3,14,12ES,1)
C TEST DE FIN DE FICHIER
C      IF(ND)21,20,21
C CALCUL DU TOTAL ANNUEL DE PLUIE
C21 PT=0.0
C      DO 200 J=1,12
C200 PT=PT+P(J)
C CALCUL DE LA REPARTITION THEORIQUE
C      DO 307 J=1,12
C      TH(J)=(PT*SN(J))/SN(13)
C307 CPM(J)=P(J)/TH(J)
C CALCUL DE LA CONTINENTALITE FLUVIALE MOYENNE
C      CPC=0.0
C      CPF=0.0
C      DO 310 J=5,10
C310 CPC=CPC+CPM(J)
C      DO 311 J=1,4
C311 CPF=CPF+CPM(J)
C      DO 312 J=11,12
C312 CPF=CPF+CPM(J)
C CALCUL DE LA CONTINENTALITE FLUVIALE
C      CP=CPC/CPF
C      WRITE(3,111)ND,NS,NC,CP
C111 FORMAT(12H STATION NO.,12,13,15,/,19H CONTINENT.FLUVIALE,E12.5,/)
C      GO TO 30
C20 PAUSE 1
C      GO TO 23
C      END

```

(REPRODUCTION DE L'ETAT LISTE SUR TELETYPE 'ASR 33' DU CII 10010)

Fig. 4. — Etat listé du programme de calcul de « C », version CII 10010.

de valeur relativement élevée. Cela montre clairement, d'une part que les critères employés ont des limites et d'autre part que les stations dont le statut reste ambigu sont dans des zones de transition (8).

(8) Il est possible que cette ambiguïté soit en partie levée par une étude annuelle du phénomène selon les critères proposés au paragraphe 22.

Les limites de la zone présentant un bioclimat méditerranéen ont été précisées dans une étude antérieure (R. GIMILIO, 1971) et ont abouti à cartographier l'étage bioclimatique méditerranéen humide. La limite septentrionale de cet étage a été reportée sur la carte de répartition de la continentalité pluviale (figure 1). Le tracé ne concorde pas toujours avec celui des isoplèthes de continentalité, en particulier entre Joyeuse et Aubenas et au sud de Mon-

télimar. Il convient d'insister sur le fait que ces diverses limites ont été obtenues indépendamment les unes des autres et que toute tentative d'ajustement doit s'appuyer sur une étude locale particulière. Cependant, dans les grandes lignes, on note une profonde pénétration de la région méditerranéenne vers le nord, dans la vallée du Rhône, à l'intérieur d'une zone où le caractère semi-continentale de la pluviosité est assez accusé.

La zone de pluviosité non-continentale correspondrait en partie à un étage méditerranéen perhumide dont les limites ont été seulement esquissées dans l'étude antérieure (R. GIMILIO, 1971). Ces limites ne sont pas suffisamment certaines pour être reportées sur la figure 1.

42. *Continentalité et végétation.*

Il convient de rappeler que le climat fait partie des facteurs qui servent à caractériser le milieu et que la répartition des végétaux est, en particulier, fonction de celle des zones climatiques. Il a paru intéressant de confronter les résultats de cette étude avec des faits déjà établis à une échelle comparable.

L'examen des cartes de végétation disponibles (J. CARLES, 1948; R. GIMILIO, 1971) montre la pénétration des étages et des séries de végétation méditerranéenne en Vivarais, le long des vallées des Cévennes, des Boutières et du Rhône. La zone de pluviosité semi-continentale dans la moitié est de la carte (figure 1), à l'est de Saint-Pierre-ville et de Vals-les-Bains et au sud de Valence, est largement occupée par des séries de végétation méditerranéenne et subméditerranéenne. La série du Chêne vert et celle du Chêne pubescent remontent profondément la vallée de l'Eyrieux. La zone de pluviosité non-continentale de la Montagne, à l'ouest de Loubaresse et de Mayres, et celle des Boutières, à l'ouest de Saint-Pierre-ville, est largement occupée par une végétation de type non-méditerranéen.

L'emploi du seul coefficient *C* ne permet pas d'expliquer ce manque de concordance. En effet, son mode de calcul ne fait pas intervenir la température, facteur dont le rôle a été mis en évidence

dans une précédente étude (R. GIMILIO, 1971). Il faut revenir sur le caractère variable du climat et admettre une certaine pénétration océanique venue de l'ouest et dont il n'est pas possible de préciser exactement la limite. Cependant, on peut facilement admettre que la lutte d'influences se réduit à une opposition entre climat méditerranéen et semi-continentale dans la vallée du Rhône. Par ailleurs, il ne faut pas perdre de vue d'influence de plus en plus importante de la topographie sur la localisation des espèces quand on examine celle-ci en limite d'aire et au niveau de perception correspondant à l'échelle des cartes employées (1/200 000 et 1/500 000). A ce niveau, on peut admettre qu'une certaine sécheresse édaphique peut, au moins partiellement, suppléer à la sécheresse climatique (9).

Toutefois, la faible densité du réseau d'observation ne permet pas d'établir des rapprochements plus précis.

5. — CONCLUSIONS

La cartographie des valeurs moyennes du coefficient de continentalité pluviale moyenne permet de mettre en évidence l'existence en Velay-Vivarais d'une zone à pluviosité non-continentale. Il est remarquable de constater que les limites de cette zone correspondent à celles d'entités géographiques; en effet, elle recouvre la Cévenne vivaroise et les parties limitrophes de la Montagne et des Boutières. Cette zone correspondrait à une pénétration importante, par le sud, de l'influence méditerranéenne au-delà des limites qui lui ont été assignées (L. EMBERGER, 1955, 1962). Cela montre également l'influence certaine du relief et des lignes de rupture de pente sur la distribution des influences climatiques.

On remarque par contre que dans la vallée du Rhône, la pénétration continentale s'avance vers le

(9) Les sols de cette partie de la bordure du Massif central sont établis, en majorité, sur des séries cristallines et cristallophylliennes. Compte tenu des fortes pentes qui dominent en Cévenne, cette hypothèse est très plausible, mais sa vérification sort du cadre de ce travail.

sud : la zone à pluviosité semi-continentale déborde à l'intérieur de la région méditerranéenne, au contraire de ce qui se passe plus à l'ouest. On doit alors examiner de très près les critères utilisés pour définir chaque type de climat. Le fait qu'il s'agisse d'indices différents *n'utilisant pas les mêmes variables climatiques* rend ces anomalies plus compréhensibles. On pourrait alors admettre, sous réserve d'une nouvelle étude de la limite de la région méditerranéenne, l'existence d'un secteur bio-climatique méditerranéen de transition, à pluviosité semi-continentale.

Il convient de faire une réserve sur le fait que le mode de calcul de l'indice C semble accuser le caractère semi-continentale. Cet indice ne rendrait pas bien compte de la concentration « estivale » des pluies, surtout au voisinage de la limite du climat méditerranéen.

Il faut cependant remarquer que l'indice de continentalité pluviale moyenne permet de connaître la limite à partir de laquelle s'effectue le changement du régime pluvial moyen. La comparaison du tracé de cette limite avec celles déjà établies par ailleurs (R. GIMILIO, 1968 et 1971) permet de mieux apprécier l'étendue de la zone de transition.

Cet article ne s'était pas fixé pour objet l'étude de la pénétration océanique venant de l'ouest. Il est possible que cette pénétration puisse expliquer certaines anomalies du contour de la zone à pluviosité non-continentale dans la bordure ouest de la carte, car on peut très bien admettre qu'elle se partage entre les influences méditerranéennes et océaniques.

Enfin, il semble que l'emploi de valeurs moyennes ou d'indices calculés d'après ces valeurs ne rende pas suffisamment compte de ce qui se passe réellement en matière de rythme pluvial. En effet, rien ne permet d'apprécier la variabilité du phénomène, les auteurs qui ont publié des moyennes n'ont pas donné la variance de leurs échantillons; ils obligent donc le bioclimatologue, préoccupé par ces paramètres, à se procurer les séries climatiques annuelles et à en faire lui-même le traitement. Pour pouvoir serrer encore plus près la réalité, un réseau climatique plus dense serait nécessaire. C'est ce qui est en cours de réalisation depuis 1945; les données re-

cueillies depuis cette date sont actuellement disponibles année par année pour un nombre croissant de stations. Cela devrait permettre le calcul des moyennes avec leurs intervalles de confiance, et celui des coefficients de continentalité pluviale annuels (voir § 22), de compléter les séries trop courtes et d'améliorer leurs paramètres. Une étude année par année sur une période d'au moins quinze ans pourrait alors être envisagée.

L'emploi de l'ordinateur comme moyen de calcul rapide et puissant, avec des programmes aisément modifiables, permet d'envisager toutes les variétés possibles de calcul sur un gros volume de stations. Un exemple de programme avec un modèle d'enregistrement sur carte perforée du fichier actuellement disponible au Centre d'études phytosociologiques et écologiques Louis Emberger est donné en annexe.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGOT (A.), 1895. — Régime des pluies de l'Europe occidentale. *Ann. Bur. centrale de Météo.*, 1 : 155-192, 24 pl. h.-t.
- ANGOT (A.), 1928. — *Traité élémentaire de Météorologie*, 4^e édition, revue par Brazier C, 420 p., Gauthier-Villars, Paris.
- BAUDIERE (A.), EMBERGER (L.), 1959. — Sur la notion de climat de transition, en particulier dans le domaine du climat méditerranéen. *Bull. Serv. Carte phytogéogr.*, Sér. B, 4 (2) : 95-117.
- BÉNÉVENT (E.), 1926. — Le climat des Alpes françaises. *Mém. Off. nat. Météo.*, 14, E. Chiron, Paris.
- BOZON (P.), 1963. — La vie rurale en Vivarais. Etude géographique, 641 p., Imprimeries réunies, Valence-sur-Rhône.
- CARLES (J.), 1943. — Esquisse phytogéographique du massif du Mézenc. *Bull. Soc. Linn. Lyon*, 12 (4-5) : 61-63 et 66-71.
- CARLES (J.), 1948. — Carte de la végétation de la France. Feuille le Puy. *C.N.R.S., Serv. Carte Végét. France*, Toulouse.
- COUTAGNE (A.), 1954. — Hydrométéorologie des bassins de haute-montagne. *S.H.F.*, Paris, 2 vol.
- DAGET (Ph.), 1968. — Etude du climat local en région de moyenne montagne à l'aide des données météorologiques classiques. Application au nord-est de la Margeride. *Document du C.E.P.E.*, 39 (15) : 187 p., fig., cartes tabl., inédit.

- DAVID (P.), 1967. — Projet de plan de cartes pour des données climatiques. *Document du C.E.P.E. du C.N.R.S.*, 6 p., inédit.
- EMBERGER (L.), 1930. — La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. gén. Bot.*, 42 : 641-662; 705-721, 2 fig., 1 pl. h.-t.
- EMBERGER (L.), 1942. — Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. Rapport rédigé au nom de la commission pour le Congrès int. Bot. de Stockholm (1940). Paru en raison des circonstances in *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 77 (2) : 97-124.
- EMBERGER (L.), 1943. — Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 78 (3) : 159-180.
- EMBERGER (L.), 1955. — Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Labo. Bot. Géol. Zool. Sér. Bot., Fac. Sci. Montpellier*, 7 : 3-43.
- ESTIENNE (P.), 1956. — Recherches sur le climat du Massif Central français. *Mém. Météo. nat.*, 43 : 242 p., fig., cartes, tabl., graph.
- GARNIER (M.), 1966. — Valeurs normales des précipitations en France (1931-1960). *Monogr. Météo. nat.*, 55 : 110 p.
- GIMILIO (R.), 1968. — Essai d'application au versant est du Massif Central français d'une méthode d'étude du climat à moyenne échelle. *Rapport de stage Dipl. ét. appr. Fac. sci. Montpellier*, 27 p.
- GIMILIO (R.), 1971. — Recherches phytoclimatiques et cartographie de la végétation sur le versant oriental du Massif Central français. *Thèse Univ. Sci. Techn. Languedoc*, 1 vol., 327 p., 1 ann., 30 p., fig., tabl., 10 cartes h.-t.
- GOUJON (G.), 1932. — Relations entre la végétation française et le climat. *Mém. Off. nat. Météo.*, 23.
- KÖPPEN (W.), 1931. — Grundriss der Klimathunde. Berlin.
- MARTONNE (E. de), 1927. — *Traité de géographie physique*. Tome 1, *Lib. A. Colin*, 4^e éd., 409 p.
- PAUL (P.), 1967. — Contribution à l'étude du climat du Velay du Haut-Vivarais. *Dipl. ét. sup., Institut de géogr. Univ. de Strasbourg*.
- PÉGUY (Ch.), 1961. — *Précis de climatologie*. 347 p., 97 fig., 3 h.-t., *Masson et Cie*, Paris.
- PÉGUY (Ch.), 1970. — *Précis de climatologie*. 468 p., fig., *Masson et Cie*, Paris.
- REBOTIER (R.), 1957. — Le climat pluviométrique des Basses-Cévennes. *Monogr. Météo. nat.*, 7 : 28 p.
- SANSON (J.), 1942. — Etude climatologique du Haut-Languedoc et des Cévennes. *Off. nat. Météo. janvier 1942*, 28 p., ronéo inédit.
- SANSON (J.), 1945. — Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France. *Mém. Météo. nat.*, 30 : 148 p., 1 carte.
- THIÉBAUT (B.), 1968. — Bioclimatologie et cartographie de la végétation. La Salvetat-sur-Agoût (Hérault). *Thèse Fac. sci. Montpellier*, 312 p., 30 tabl., 65 fig., pochette annexe.
- THORNTHWAITE (C.W.), 1948. — An approach toward a rational classification of climate. *Géogr. Rev.*, 55-94.

LE ROLE DE LA PALÉOÉCOLOGIE DANS LA RECONSTITUTION DES ANCIENS BIOTOPES

APPLICATION AUX GISEMENTS FOSSILIFÈRES DU TRIAS INFÉRIEUR DES VOSGES

par Jean-Claude GALL

*Laboratoire de Géologie et de Paléontologie
de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg*

RÉSUMÉ

Les gisements fossilifères du Grès à Voltzia (Trias inférieur) des Vosges consistent en lentilles argileuses finement litées, interstratifiées entre les bancs de grès. Ils furent exploités feuillet par feuillet. Pour chaque niveau, les observations effectuées ont été consignées sur un profil paléoécologique. Les renseignements fournis par les organismes et par le sédiment permettent de saisir les principaux caractères des paléobiotopes : la salinité, la bathymétrie, l'agitation et l'oxygénation des eaux ainsi que le taux de sédimentation et le climat. Un paysage de flaques temporaires peuplées par une riche faune d'eaux saumâtres, est reconstitué.

ABSTRACT

The fossiliferous deposits of the Voltzia Sandstone (Lower Triassic) of the Vosges (France) consist in lense-shaped, thinly laminated shale layers which are intercalated between sandstone beds. The sediment was split level for level. The observations of each level are plotted on a paleoecological profile. The informations furnished by the organisms and by the sediment lead to understand the principal characters of the paleo-

biotopes : salinity, bathymetry, water movement and aeration, as well as rate of deposition and climatic conditions. A landscape of ephemeral ponds with a rich brackish water fauna is reconstructed.

INTRODUCTION

Décrire les paysages qui se sont succédé à la surface de la Terre au cours de sa longue histoire, demeure l'un des principaux objectifs de la Géologie. Cette reconstitution des milieux anciens suppose d'une part la description des êtres, animaux et plantes qui y vécurent et, d'autre part, la connaissance des caractères physico-chimiques de l'environnement. Pour cela, le géologue dispose de deux sources de renseignements distinctes et complémentaires : les fossiles et le sédiment.

En effet, dans la mesure où les organismes ont vécu sur le lieu même de leur fossilisation, ils permettent de restituer les peuplements originels des paysages. Mais ils fournissent également des indications sur les caractères du milieu ambiant car leurs conditions d'existence en sont étroitement tributaires.

Par ailleurs, la nature des sédiments, leur mode de gisement, leurs structures apportent des renseignements précieux sur l'environnement où s'est faite leur mise en place. L'étude géochimique des minéraux complète ces données.

Il appartient à la paléoécologie de regrouper toutes ces observations en une synthèse cohérente qui rende compte à la fois de la distribution des êtres vivants et des modalités de la sédimentation.

L'étude d'un exemple précis, celui des gisements fossilifères du Grès à Voltzia du Nord des Vosges, permettra d'illustrer quelques aspects méthodologiques propres à la paléoécologie.

I. — LOCALISATION DES GISEMENTS FOSSILIFÈRES

La couverture sédimentaire du Nord des Vosges est constituée par les grès rouges du Trias inférieur ou Buntsandstein. Seul le terme supérieur de cette formation, le Grès à Voltzia déposé dans un environnement deltaïque (GALL, 1971 b), s'est révélé fossilifère. Faune et flore sont essentiellement localisées dans des lentilles argileuses vertes ou rouges, larges d'une dizaine de mètres pour une épaisseur de quelques décimètres, interstratifiées entre les bancs de grès de la partie inférieure du Grès à Voltzia. Les organismes qu'elles ont livrés offrent, tant par leur diversité que par leur admirable état de conservation, un tableau saisissant de la vie au début de l'ère secondaire, c'est-à-dire voici 200 millions d'années (GRAUVOGEL, 1947; GALL, 1971 a).

II. — LA VIE À L'ÉPOQUE DU GRÈS À VOLTZIA

Dans les gisements fossilifères du Grès à Voltzia, la plupart des grands groupes du règne animal et du règne végétal sont représentés.

A. LA DIVERSITÉ DES ORGANISMES.

1) La faune.

La faune des niveaux argileux comprend à la fois des organismes aquatiques et des formes terrestres (Pl. I, fig. 1-3).

La population aquatique est particulièrement riche. Des Coelentérés (méduses), des Brachiopodes (lingules), des Annélides polychètes, des Lamellibranches, des limules, des Crustacés, des larves d'insectes et des poissons ont été rencontrés. Des terres émergées proviennent des scorpions, des araignées, des myriapodes, des insectes et des Vertébrés Tétrapodes (Amphibiens et Reptiles).

2) La flore.

Les Cryptogames vasculaires, équisétales et fougères, sont nombreuses. Les Préphanérogames sont représentées par des Cycadales et des Ginkgoales, tandis que les Phanérogames comprennent des Conifères (*Voltzia*) et diverses autres Gymnospermes.

Beaucoup de ces plantes ont livré à la fois des vestiges de leurs appareils végétatifs et de leurs organes reproducteurs (GRAUVOGEL-STAMM, 1969). Parfois des racines végétales sont conservées *in situ* dans le sédiment (GALL et GRAUVOGEL, 1967) (Pl. I, fig. 4).

3) Les témoins de l'activité biologique.

En plus des restes corporels, les organismes ont souvent laissé dans le sédiment des traces de leur activité (Pl. II, fig. 1-2). Il s'agit de vestiges liés à la reproduction (œufs et pontes d'insectes, de crustacés ou de poissons), à la nutrition (galeriers d'organismes limivores, coprolithes), à la locomotion (empreintes de pas, pistes diverses) ou à l'habitat (terriers).

Ces différentes traces d'activité ne sont rencontrées qu'exceptionnellement en connexion avec leurs auteurs qui, la plupart du temps, demeurent inconnus.

B. LES PARTICULARITÉS ÉCOLOGIQUES DES ORGANISMES.

Une étude paléontologique détaillée de la faune du Grès à Voltzia a été entreprise récemment (GALL, 1971 a). Il s'en dégage les leçons suivantes.

1) Les paléobiocénoses.

La grande majorité des organismes aquatiques ont été fossilisés sur le lieu même où ils ont vécu. Ceci est évident lorsque les animaux se trouvent en position de vie comme certaines lingules dont les coquilles sont demeurées en place dans leurs terriers. Mais c'est également vrai pour les méduses, pour les coquilles de lamellibranches dont les valves sont encore en connexion ou pour les Arthropodes aux appendices intacts. Un transport, même limité, aurait désorganisé des structures aussi fragiles. La conservation tout aussi remarquable des végétaux et des organismes terrestres, atteste qu'ils ont vécu à proximité immédiate de leur lieu d'enfouissement. Par ailleurs, les pistes et les terriers sont les indices les plus sûrs d'une activité biologique autochtone car ils ne furent l'objet d'aucun déplacement.

Ainsi dans la plupart des cas, les organismes des niveaux argileux du Grès à Voltzia, forment de véritables communautés fossilisées sur place : ce sont des paléobiocénoses.

2) Pauvreté en espèces et richesse en individus.

La faune du Grès à Voltzia s'est révélée riche en individus, mais pauvre en espèces. En effet, la plu-

part des genres, des familles et même des ordres ne sont représentés que par une seule espèce.

3) Faune naine et population juvénile.

Comparés aux mêmes espèces provenant d'autres gisements fossilifères, les organismes du Grès à Voltzia s'avèrent de petite taille. Il s'agit soit de formes naines, soit d'individus qui sont morts avant d'avoir atteints leur taille adulte.

4) L'euryhalinité.

La faune aquatique des niveaux argileux du Grès à Voltzia, ne renferme aucune forme sténohaline. Par contre, nombre d'organismes sont connus d'autres formations géologiques déposées dans des milieux à salinité variable. Ce sont des êtres euryhalins. Le type en est la lingule. En effet, ce brachiopode a fait preuve depuis l'ère primaire d'une grande stabilité écologique : le peuplement des substrats meubles de la zone intertidale où il est soumis à des variations importantes de la salinité et de l'oxygénation des eaux (CRAIG, 1952; PAINE, 1970).

L'ensemble des particularités écologiques des organismes du Grès à Voltzia, laisse pressentir des conditions de vie difficiles. Le milieu extérieur devait exercer un contrôle rigoureux sur l'épanouissement des êtres vivants. La richesse en individus qui contraste avec la pauvreté en espèces, le nanisme qui semble affecter de nombreuses formes et l'euryhalinité des organismes aquatiques, évoquent les faunes des eaux saumâtres (REMANE, 1958).

PLANCHE I

FIG. 1. — Un habitant des terres émergées : un scorpion. Grès à Voltzia. Bust.

FIG. 2. — Une Limnoméduse : *Progononemus vogesiacus* GRAUV. et GALL. Grès à Voltzia. Vißberg.

FIG. 3. — Un crustacé d'eaux saumâtres : *Euthycarcinus kessleri* HANDLIRSCH. Grès à Voltzia. Adamswiller.

FIG. 4. — Systèmes radicaires de Phanérogames en position de vie dans le sédiment. indice de l'autochtonie de la végétation. Grès à Voltzia. Adamswiller.



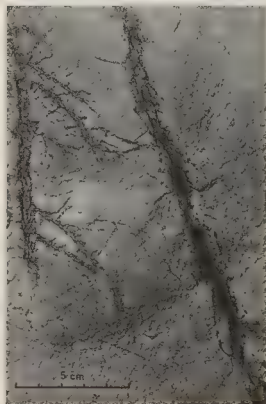
1



2



3



4

III. — MÉTHODE D'ÉTUDE DES GISEMENTS FOSSILIFÈRES

1) Les techniques d'exploitation.

Les niveaux argileux sont formés par une succession de fins feuillets sédimentaires, les lamines, épais de quelques millimètres à quelques centimètres. C'est au sommet de chacun d'eux que sont localisés les fossiles. Ils sont réduits à l'état d'empreintes pelli- culaires.

Lors de l'exploitation des gisements fossilifères, le sédiment fut soigneusement débité lamine après lamine sur plusieurs dizaines de mètres carrés. Les surfaces successives ainsi dégagées, permettaient d'observer la nature, la disposition, l'orientation et l'abondance des organismes, ainsi que les caractères du sédiment.

Les fossiles sont fragiles et nécessitent avant leur prélèvement d'être fixés par une solution de gomme arabique. Leur contre-empreinte imprimée à la face inférieure du feuillet surincombant, a également été récoltée car les données fournies par les deux empreintes sont souvent complémentaires pour la re- constitution des organismes.

Fréquemment le sédiment s'avère trop duré pour permettre un délitage intégral sur le terrain. Des blocs entiers furent alors prélevés et soumis à l'actoin du gel, soit en l'exposant aux froids de l'hiver sous une faible couche de terre, soit plus simplement à l'aide d'un congélateur dont la tem-

pérature est maintenue durant quelques jours à environ — 25°. La roche peut ensuite être ouverte feuillet par feuillet à l'aide d'une lame bien affûtée.

2) L'établissement du profil paléocéologique.

Pour chaque lamine des niveaux argileux, les observations d'ordre paléontologique et sédimento- logique ont été consignées sur un profil paléocéologique. Celui-ci permet de regrouper d'une manière schématique un grand nombre de renseignements (fig. 1 et fig. 3).

La partie gauche du profil est réservée aux caractères sédimentologiques : nature et granulométrie du sédiment, aspect du litage, figures sédimentaires, accidents lithologiques, minéraux accessoires, couleur du sédiment d'après la Charte internationale des couleurs des roches (ROCK-COLOR CHART COMMITTEE, 1963), indications sur les paléocourants déduites des figures sédimentaires et de l'orientation des végétaux.

La partie droite du profil concerne les caractères paléontologiques des lamines : la faune, la flore, et les témoins de l'activité biologique. Les organismes firent l'objet d'un relevé qualitatif et quantitatif. Leur fréquence est exprimée, au niveau de chaque lamine, par un trait vertical dont l'épaisseur est fonction du nombre d'exemplaires rencontrés. Ainsi, les espèces ou les groupes très abondants, représentés par plus de 10 exemplaires par mètre carré de surface, sont figurés par des cases entièrement noires. Aux organismes fréquents (1 à 10 exemplaires par mètre carré) correspond un trait épais, tandis que

PLANCHE II

- FIG. 1. — Ponte d'insecte (*Monilipariis tenuis* GALL et GRAUV). Les œufs étaient réunis par une gaine de mucilage. Grès à Voltzia Arzviller.
- FIG. 2. — Empreinte de pas de Reptile (*Chirotherium* ?) en relief sur la surface inférieure d'un banc de grès surmontant un niveau argileux : indice d'une faible tranche d'eau. Grès à Voltzia. Bust.
- FIG. 3. — Pseudomorphoses de cristaux de sel en relief sur la surface inférieure d'un banc de grès surmontant un niveau argileux : indice d'une salinité élevée. Grès à Voltzia. Hangviller.
- FIG. 4. — Moulage naturel de fentes de dessiccation sur la surface inférieure d'un banc de grès surmontant un niveau argileux : indice d'un assèchement du milieu. Grès à Voltzia. Bust.



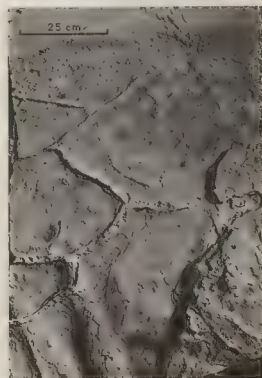
1



2



3



4

les formes rares (moins d'un exemplaire par mètre carré) sont représentées par un trait étroit. Afin de pouvoir suivre plus aisément l'évolution du peuplement, les organismes ont été classés dans l'ordre de leur disparition du milieu.

Ce mode de représentation permet de saisir du premier coup d'œil l'histoire de la sédimentation et la succession des organismes au cours du temps.

IV. — INTERPRÉTATION DE DEUX PROFILS PALÉOÉCOLOGIQUES

A. LE NIVEAU ARGILEUX D'ADAMSWILLER.

Cette lentille argileuse fut exploitée dans les carrières G. Rauscher à Adamswiller, localité située à 10 km au sud-est de Sarre-Union (GALL et GRAUVOGEL, 1968). Elle formait le remplissage d'un chenal entaillant un banc de grès. Son épaisseur moyenne était de 0,60 m (fig. 1).

1) *La succession des organismes.*

Chacune des dix-neuf lamines qui se succèdent dans le niveau argileux, est caractérisée par ses associations faunistiques et floristiques. La base du profil (lamines 1 à 5) est statistiquement la plus riche en organismes aquatiques : des limules, des crustacés (*Euthycarcinus*, *Antrimpos*, ostracodes...) et des larves d'insectes. Les mérostomes et les crustacés régressent ensuite tandis que prolifèrent les larves d'insectes (lamines 7 à 11). Vers le sommet du profil intervient un appauvrissement général de la faune aquatique. Seuls subsistent quelques poissons, quelques larves d'insectes et de rares *Euthycarcinus*. A l'inverse des animaux, la flore, en particulier les équisétales, prend de plus en plus d'importance ; elle traduit l'implantation progressive d'une végétation palustre.

En résumé, la faune aquatique est relayée au cours du temps par les végétaux.

2) *La succession des lamines.*

Chaque lamine est granoclassée. Sa base comporte les éléments les plus grossiers (quartz, feldspaths) tandis qu'à son sommet sont concentrés les minéraux argileux, la matière organique et les fossiles.

Une lamine correspond ainsi à un seul apport sédimentaire. L'arrivée d'eau responsable du dépôt, entraînait du matériel détritique dans le milieu de sédimentation, mais également de l'oxygène et des éléments nutritifs. Les organismes aquatiques peuvent alors proliférer. Puis les apports cessent, les particules argileuses se décantent, les eaux stagnent et l'oxygène vient à manquer. Le milieu se confine comme le prouve la présence de pyrite (lamine n° 11), indice d'une libération de H_2S . Parfois intervient un assèchement partiel de la nappe d'eau qui rassemble les êtres aquatiques dans des flaques résiduelles (lamines n° 5 où furent fossilisées des plages formées par des centaines d'exemplaires d'*Antrimpos*). Les organismes meurent et viennent s'accumuler au sommet des lamines. Avec l'apport suivant, le cycle recommence.

L'intermittence des apports qui provoque la succession des lamines, a vraisemblablement été contrôlée par des facteurs climatiques tels des pluies, des crues du réseau fluvial ou des marées.

3) *Les données géochimiques.*

Les minéraux argileux ont la propriété d'incorporer dans leur réseau cristallin certains éléments qui sont présents dans les eaux du milieu de dépôt. Ces éléments peuvent être déterminés et dosés par l'analyse géochimique des argiles.

Dans le niveau étudié, on constate que de la base vers le sommet du profil, aux fluctuations de détail près dues aux apports intermittents, les teneurs d'un certain nombre de corps augmentent (fig. 2). C'est le cas de B, Sr, V, Zn, Pb, Cu et Mg, la croissance la plus régulière étant celle du bore.

Ces variations traduisent la tendance générale du milieu de sédimentation au confinement par concentration progressive des sels minéraux.

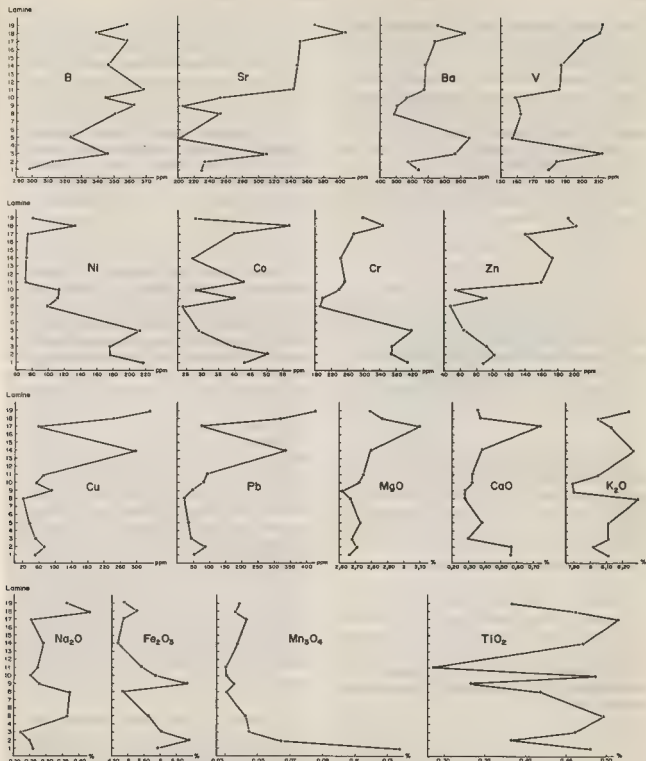


FIG. 2. - Variations des concentrations des éléments traces et des éléments majeurs, sur une épaisseur de 60 cm, dans le niveau argileux d'Adamswiller (Grès à Voltzia) (d'après GALL, 1971a).

En résumé, l'examen du profil paléocéologique d'Adamswiller, fait apparaître au cours du temps une double évolution :

— à l'échelle du feuillet sédimentaire, chaque lamine correspond à un seul apport détritique séparé du suivant par un intervalle de temps plus ou moins long durant lequel les eaux stagnaient;

— à l'échelle du niveau argileux, le milieu se confinait et s'asséchait progressivement, provoquant successivement la concentration des eaux, l'appauvrissement de la faune aquatique et l'installation d'une végétation palustre.

B. LE NIVEAU ARGILEUX DE BUST

Le profil paléocéologique relevé dans une carrière de Bust, localité située à 8 km au nord de Phalsbourg, montre une évolution analogue (fig. 3). La partie inférieure du niveau argileux (lames 1 à 14) est riche en matériel gréseux dont le transport a été assuré par un courant actif. La faune est absente. Seuls quelques végétaux ont été arrachés des berges voisines.

Dans la partie moyenne de la lentille (lames 15 à 37), la sédimentation devient essentiellement argileuse. Elle correspond à un milieu plus calme. Alors s'épanouissent les organismes aquatiques, surtout les crustacés. Dans la partie supérieure du profil (lames 38 à 57), la faune aquatique se raréfie tandis que la flore gagne en importance.

Quelques analyses géochimiques furent effectuées. Elles montrent que les teneurs en bore les plus fortes se rencontrent au sommet du dépôt.

Comme dans le niveau précédent, l'évolution générale du profil dénote un confinement progressif du milieu qui a provoqué l'élimination des organismes aquatiques au profit de la végétation. Ces niveaux correspondent à des dépôts de flaques d'eau temporaires.

V. — RENSEIGNEMENTS FOURNIS SUR L'ENVIRONNEMENT PAR LES ORGANISMES ET PAR LE SÉDIMENT

Les faibles dimensions des niveaux argileux du Grès à Voltzia, indiquent qu'ils se sont déposés dans des nappes d'eau d'étendue restreinte. L'étude des organismes et du sédiment, permet de cerner les principaux caractères de ces paléobiotopes.

1) La salinité.

La salinité des eaux se déduit des organismes aquatiques, dans la mesure où leurs conditions d'existence sont connues avec précision. La démarche qui consiste à déduire l'écologie des formes fossiles de celle de leurs représentants actuels (principe d'uniformitarisme) ne doit être utilisée qu'avec une extrême prudence car les conditions de vie des êtres vivants ont pu se modifier considérablement d'une période géologique à l'autre sans changements morphologiques sensibles.

Certaines espèces du Grès à Voltzia ont été rencontrées dans des dépôts bien caractérisés d'autres régions ou de niveaux stratigraphiques voisins. C'est le cas de *Myophoria vulgaris* (SCHLOT.), lamellibranche décrit dans les formations saumâtres ou marines du Trias germanique et du Trias Alpin. Des Annélides (*Eunicites*, *Spirorbis*) et certains Crustacés (*Palaega*, *Antrimpos*, *Halicynne*) ont également été cités de dépôts aux caractéristiques semblables.

D'autres formes, comme la lingule, sont particulièrement instructives grâce à la permanence de leur écologie au cours du temps. Depuis l'ère primaire, ce brachiopode peuple en effet les eaux à salinité variable de la région littorale. Les larves d'insectes appartiennent à des formes d'eaux douces ou d'eaux saumâtres.

En résumé, les associations biologiques des niveaux argileux indiquent que le milieu n'était pas franchement marin. L'absence d'organismes sténohalins (Echinodermes, Céphalopodes) est à cet égard

significative. La faune était exposée à des salinités fluctuantes.

Il n'est pas sans intérêt de noter que beaucoup de formes du Grès à Voltzia appartiennent à des familles ou à des ordres où se recrutent à l'heure actuelle encore bon nombre d'espèces d'eaux saumâtres : les Limnoméduses, les Eunicidés, les limulidés, les Isopodes, les Penaeidés, les larves de Dip-tères... Il semble que la gamme des formes d'eaux saumâtres ne se soit guère modifiée depuis le début de l'ère secondaire.

Une forte salinité des eaux est démontrée, dans certains cas, par la présence, à la face inférieure des couches, de pseudomorphoses de sel (Pl. II, fig. 3). Elles constituent le remplissage naturel de cavités provoquées à la surface d'un niveau argileux par la cristallisation de sel gemme.

L'étude géochimique des minéraux argileux apporte également des renseignements sur la concentration du milieu. Le bore est aujourd'hui considéré par de nombreux auteurs comme un indicateur de la paléosalinité (GOLDSCHMIDT et PETERS, 1932). Cet élément est en effet plus abondant dans la mer que dans les eaux douces. Ses variations quantitatives dans les minéraux argileux représentent une fonction croissante de la salinité du milieu de sédimentation. Par rapport aux teneurs en bore de dépôts marins francs, celles du Grès à Voltzia sont généralement encore plus élevées. Pour un niveau argileux donné, elles s'accroissent avec le confinement des eaux. De plus, les lentilles argileuses à fortes valeurs de bore, ne renferment qu'une rare faune aquatique. Tout se passe comme si l'épanouissement des organismes avait été freiné par une salinité trop élevée.

À la lumière de ces observations, il apparaît que les nappes d'eau du Grès à Voltzia étaient essentiellement saumâtres et évoluaient souvent vers un milieu sursalé.

2) La bathymétrie.

Les associations biologiques des niveaux argileux impliquent une tranche d'eau peu importante. L'éva-

luation de son épaisseur peut être tentée à l'aide des renseignements fournis par certaines figures sédimentaires et les traces dues à l'activité des êtres vivants.

Au sommet de quelques niveaux argileux, la présence de fentes de dessiccation apporte la preuve d'une mise à l'air du sédiment recouvert à l'origine par une tranche d'eau faible (Pl. II, fig. 4). De plus, certaines intercalations gréseuses montrent, à leur face supérieure, des ripple-marks à profil symétrique ou rides d'oscillation qui ont été provoqués par la houle. Ils sont l'indice d'une faible profondeur car leur formation exige que le mouvement des vagues se fasse sentir sur le fond.

Des racines végétales conservées *in situ* et des empreintes de pas laissées par le passage de Vertébrés à respiration aérienne, évoquent l'image de flaques recouvertes seulement de quelques décimètres d'eau. Par ailleurs, la fossilisation d'éléments aussi fragiles que l'ombrelle des méduses et la gaine mucilagineuse des pontes d'insectes, suppose qu'avant leur enfouissements ils aient été soumis à une dessiccation rapide permettant la fixation de leurs structures (HERTWECK, 1966).

L'ensemble de ces observations évoque des étendues d'eau de quelques décimètres ou de quelques mètres de profondeur, fréquemment asséchées à la suite d'une évaporation intense.

3) L'agitation des eaux.

L'excellent état de conservation de la plupart des fossiles des niveaux argileux implique des eaux faiblement agitées. Des valves de lamellibranches présentent parfois leur concavité tournée vers le ciel, position d'équilibre instable qu'un courant, même modéré, aurait rompu.

C'est dans un milieu calme, peu agité, qu'ont pu se décanter les particules argileuses. De telles conditions sont à l'origine du fin litage du sédiment. Cependant, de temps en temps, un matériel plus gréseux était entraîné dans le milieu. Alors les lamines précédemment déposées étaient partiellement érodées et remaniées à l'état de galets plats. Diverses

figures sédimentaires naissent à la surface du sédiment : cannelures d'érosion, traces d'impact d'objets entraînés par les courants ... Les restes fossiles, surtout les végétaux, étaient orientés ou concentrés en amas.

Mais ces épisodes turbulents étaient de courte durée et l'agitation des eaux demeurait généralement modérée.

4) L'oxygénation du milieu.

L'oxygénation du milieu est étroitement liée à l'agitation des eaux. La pénurie d'oxygène libre dans le sédiment a pour conséquence une raréfaction de l'endofaune. Mais elle favorise du même coup la conservation des lamines dont la régularité aurait été considérablement perturbée par les organismes fouisseurs. Dans le profil paléocéologique relevé à Adamswiller, des terriers ont cependant été rencontrés (fig. 1). Ils restent localisés à proximité des interfaces qui séparent les lamines argileuses d'un apport plus gréseux (lamines 12-13 et 14-15). Celui-ci traduit une plus forte turbulence des eaux et par conséquent un accroissement temporaire de l'oxygénation du sédiment.

Ailleurs, la présence de pyrite témoigne d'une libération de H_2S , donc de conditions franchement réductrices. Elles furent favorables à la conservation de la matière organique, en particulier de la chitine des Arthropodes. Elles permettent de comprendre l'étonnante stabilité chimique des hydrocarbures de certaines équisétales du Grès à Voltzia. En effet, des *Equisetites* provenant du sommet de la lentille argileuse d'Adamswiller, ont été analysés par KNOCHE et OURISSON (1967). Les chromatogrammes obtenus se superposent parfaitement à ceux des constituants des cires cuticulaires des prêles actuelles. Les hydrocarbures saturés n'ont subi aucune modification chimique appréciable depuis l'enfouissement des végétaux il y a 200 millions d'années.

Au-dessus du fond, les eaux libres étaient suffisamment oxygénées pour permettre l'épanouissement d'organismes vagiles. Des apports intermittents assuraient un certain brassage des eaux. Mais périodi-

quement la stagnation du milieu provoquait une réduction de la teneur en oxygène des eaux, occasionnant des mortalités massives parmi la faune aquatique.

Il est difficile de faire la part exacte qui revenait, lors de ces hécatombes, à l'appauvrissement des eaux en oxygène, à l'élévation de la température ou à l'accroissement de la salinité. Ces différents facteurs ont sans doute joué conjointement.

L'assèchement croissant de la nappe d'eau opérant au cours du temps, une élimination progressive des formes aquatiques. D'après les profils paléocéologiques d'Adamswiller et de Bust, les méduses et certains crustacés tels *Antrimpos*, *Schimperella* et *Palaeoga* disparaissent les premiers du milieu. Ces formes sont les plus sensibles aux variations physico-chimiques. Un second groupe comprenant *Limulitella* et, parmi les crustacés, *Euthycarcinus* et *Halicyne*, semblerait supporter des concentrations plus élevées. Les organismes les plus résistants sont ceux qui persistent jusqu'au sommet des profils : les poissons, les larves d'insectes et, dans une mesure moindre, les esthéries. Ainsi se trouve matérialisée une véritable « échelle de tolérance » de la faune aquatique à des degrés de confinement croissant du milieu.

5) Le taux de sédimentation.

D'une manière générale, la fossilisation des êtres vivants implique un enfouissement rapide qui les met à l'abri, au moins partiellement, de la destruction mécanique, des fermentations bactériennes et des organismes se nourrissant de cadavres. Une sédimentation lente ne peut offrir une telle garantie. L'étude détaillée des cycles biologiques dans le profil d'Adamswiller (fig. 1) apporte des indications sur la vitesse à laquelle s'est effectué le dépôt.

Il en est ainsi du cycle des gymnospermes. Les pollens de gymnospermes (*Triadispora*) sont en effet très abondants dans les niveaux gris des lamines de la partie inférieure du profil (lamines 4 à 11). Ils évoquent, par leur densité, les « pluies de soufre » qui caractérisent la floraison des conifères actuelles. Les sporophylles des cônes mâles dont ils provien-

nent (*Sertostrobus*) apparaissent un peu plus haut dans le profil (lames 7 et 8). Elles sont finalement relayées par les graines (lames 12 et 14). Si cette succession n'est pas le fait d'une coïncidence, il y a là une indication précieuse : le niveau argileux se serait déposé au cours d'un seul cycle de la végétation, du printemps à l'automne.

Le cycle biologique des insectes confirmerait cette conclusion. En effet, la ponte des insectes est normalement une activité saisonnière. Or les pontes sont essentiellement localisées dans la partie inférieure du profil (lames 1 à 8), celle qui correspond à la floraison des gymnospermes.

La succession assez régulière des organismes animaux et végétaux permet d'interpréter l'histoire du milieu comme le résultat d'une sédimentation qui succède à une période humide et évolue ensuite par assèchement croissant. Les cycles biologiques des insectes et des gymnospermes laisseraient à penser que cette évolution s'est déroulée au cours d'une même année : pontes et pollens au printemps, adultes et graines à l'automne. Telle est du moins l'hypothèse qui paraît la plus plausible.

Un raisonnement analogue à celui utilisé pour le niveau argileux d'Adamswiller conduit à reconnaître dans le profil de Bust (fig. 3) quatre époques de floraison marquées par l'abondance des sporophylles mâles et des pollens de gymnospermes (lames 20, 25-26, 50 et 55). Si la floraison correspond effectivement à un cycle saisonnier, l'ensemble du dépôt a pu s'effectuer en quelques années.

Dans ce même niveau, une abondante population de *Palaega pumila* GALL et GRAUV., Crustacé Isopode, a pu être étudiée biométriquement. Elle provient des lames n° 26 et 28. La figure 4 exprime graphiquement la relation qui existe entre la fréquence des individus, leur taille et leur localisation dans le profil. Elle met en évidence une augmentation statistique de la longueur du corps des crustacés au cours du temps : les exemplaires les plus petits sont surtout localisés dans la lame n° 26, les exemplaires les plus grands dans la lame n° 28. Or la taille des Arthropodes est fonction du nombre de mues. Si l'on admet que l'ensemble des *Palaega*

du niveau argileux dérive d'un même contingent initial qui a colonisé le milieu à un moment donné, l'intervalle de temps qui sépare la population de la lame n° 26, de la population de la lame n° 28 correspond à la durée de quelques stades d'intermue. Or, chez les Isopodes actuels, les mues sont espacées de une à quelques semaines selon les espèces et selon l'âge des individus (LEGRAND, 1952). La durée qui sépare le dépôt des deux lames serait du même ordre de grandeur, c'est-à-dire une fraction d'année.

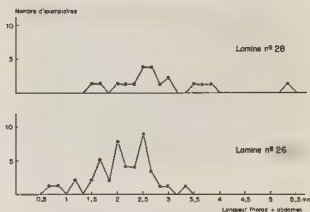


FIG. 4. — Distribution graphique des longueurs du corps d'une soixantaine d'exemplaires de *Palaega pumila* GALL et GRAUV. (Crustacé Isopode) provenant du niveau argileux de Bust et mettant en évidence une augmentation statistique de la taille des populations de la lame n° 26 à la lame n° 28 (d'après GALL, 1971a).

En d'autres termes, les niveaux argileux du Grès à Voltzia, épais de quelques décimètres, se sont déposés rapidement. Les indications fournies par les organismes permettent d'estimer cette durée à moins d'une année pour les uns, à quatre ou cinq ans pour les autres. A l'échelle des phénomènes géologiques, leur dépôt correspond à un événement quasi instantané. Le bref intervalle de temps qui sépare deux lames consécutives était souvent insuffisant pour permettre aux organismes d'achever leur cycle de développement. Aussi la faune du Grès à Voltzia comporte-t-elle beaucoup de stades larvaires et de stades jeunes.

6) Le climat.

L'évolution des étendues d'eau du Grès à Voltzia qui se concentraient et s'asséchaient au cours du temps, a dû s'effectuer sous un climat chaud à saison sèche marquée. Ceci est confirmé par certains caractères de la faune et de la flore. De nombreux végétaux présentent en effet des caractères xéromorphes accusés (MAGDEFRAU, 1956), tandis que l'épaisse gaine de mucilage des pontes d'insectes peut être interprétée comme une protection contre la dessiccation.

Par ailleurs, l'étude paléomagnétique des roches a montré qu'à l'époque du Grès à Voltzia, l'Europe occidentale était située entre l'équateur et le tropique du Cancer (NAIRN, 1960). La température moyenne devait être élevée. De plus, la comparaison des caractères pétrographiques des grès rouges du Trias inférieur avec ceux des altérations actuelles, a permis de reconstituer un climat chaud à saisons contrastées, alternativement humides puis sèches (MILLOT, 1964). Durant la saison humide, des précipitations brèves et brutales provoquaient des effets de « chasse d'eau » qui sont à l'origine des accumulations des grès. Durant la période sèche, les flaques d'eau situées entre les chenaux, se concentraient et s'asséchaient.

Ainsi, l'alternance des saisons provoquait tour à tour les transports, l'alimentation des cours d'eau et des flaques, l'épanouissement de la vie puis le confinement des eaux, l'assèchement et la mort de la faune aquatique.

CONCLUSION - LES MILIEUX DE DÉPÔT

Les indications fournies par la paléontologie, la sédimentologie et la géochimie des niveaux argileux sont convergentes. Elles permettent de cerner les principaux caractères des paléobiotopes correspondant à de tels dépôts :

- 1) une nappe d'eau peu profonde et d'étendue restreinte;

- 2) un peuplement d'organismes euryhalins où dominaient les crustacés;
- 3) un approvisionnement intermittent assurant la sédimentation de particules fines;
- 4) un taux de sédimentation élevé (quelques décimètres par an);
- 5) des eaux qui s'appauvrissaient périodiquement en oxygène, provoquant une mortalité massive de la faune aquatique;
- 6) une salinité fluctuante qui croissait statistiquement au cours du temps;
- 7) une évolution générale se traduisant par l'assèchement progressif de la nappe d'eau et l'installation d'une végétation palustre.

Ces caractères mettent en évidence la grande instabilité des facteurs physico-chimiques et biotiques de l'environnement. A l'heure actuelle, de telles conditions sont réalisées dans les étendues d'eaux saumâtres ou sursalées situées à la frontière des domaines marin et continental, communément qualifiées de lagunes et pour lesquelles fut récemment proposé le terme de milieux margino-littoraux (LEVY, 1971).

Par la somme de renseignements qu'elle a réunie sur les êtres vivants et sur la sédimentation du Grès à Voltzia, l'étude paléocéologique est parvenue à reconstituer d'une façon détaillée les paysages triasiques des Vosges. Elle permet de saisir dans l'espace et dans le temps à la fois l'évolution des milieux et celle des peuplements. Ce n'est pas un monde figé qui est évoqué, mais l'histoire d'une vie qui naît, s'épanouit, se reproduit et meurt. Telle est la contribution de la Paléocéologie à la connaissance des biotopes anciens.

BIBLIOGRAPHIE

- CRAIG (G.Y.), 1952. — A comparative study of the ecology and palaeoecology of Lingula. *Trans. Edinburgh geol. Soc.*, 15, 110-120, Edinburgh.
- GALL (J.-C.), 1971 a. — Faunes et paysages du Grès à Voltzia du Nord des Vosges. Essai paléocéologique sur le Buntsandstein supérieur. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 34, 318 p., Strasbourg.

- GALL (J.-C.), 1971 b. — Le Grès à Voltzia du Nord des Vosges : le passage d'un paysage deltaïque à un environnement littoral. *C.R. Acad. Sci.*, **273 D**, 2449-2452, Paris.
- GALL (J.-C.) et GRAUVOGEL (L.), 1967. — A propos d'une végétation fossile conservée *in situ* dans le Buntsandstein supérieur des Vosges. *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, **7**, 301-303, Paris.
- GALL (J.-C.) et GRAUVOGEL (L.), 1968. — Présentation d'un profil paléocéologique du Grès à Voltzia (Buntsandstein supérieur) des Vosges. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, **21**, 305-313, Strasbourg.
- GOLDSCHMIDT (V.M.) et PETERS (C.), 1932. — Zur Geochemie des Bors. *Nachr. Ges. u. Wiss. Göttingen Math. Phys. Kl.*, **3**, 402-407; **4**, 528-545, Göttingen.
- GRAUVOGEL (L.), 1947 a. — Note préliminaire sur la flore du Grès à Voltzia. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, 64-66, Paris.
- GRAUVOGEL (L.), 1947 b. — Note préliminaire sur la faune du Grès à Voltzia. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, 90-92, Paris.
- GRAUVOGEL-STAMM (L.), 1969. — Nouveaux types d'organes reproducteurs mâles de conifères du Grès à Voltzia (Trias inférieur) des Vosges. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, **22**, 2, 93-120, Strasbourg.
- HERTWECK (G.), 1966. — Möglichkeiten des Fossilwerdens von Quallen, im *Experiment. Natur u. Museum*, **96**, 456-462, Frankfurt a. M.
- KNOCH (H.) et OURISSON (G.), 1967. — Organische Verbindungen in fossilen Pflanzen (Schachtelhalm). *Angew. Chemie*, **79** Jg, 24, 1107-1108, Weinheim.
- LEGRAND (J.J.), 1952. — Contribution à l'étude expérimentale et statistique de la biologie d'*Anilocra physodes* L. (Crustacé Isopode Cymothoïdé). *Arch. Zool. expér. gén.*, **89**, 1-55, Paris.
- LÉVY (A.), 1971. — Eaux saumâtres et milieux margino-littoraux. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, (2), **13**, 3, 269-278, Paris.
- MÄGDEFRAU (K.), 1956. — Paläobiologie der Pflanzen. 3^e édition, Jena, G. Fischer Verl., 443 p.
- MILLOT (G.), 1964. — Géologie des argiles. Altérations, sédimentologie, géochimie. Paris, Masson et C^{ie}, 499 p.
- NAIRN (A.E.M.), 1960. — Paleomagnetic results from Europe. *Journ. Geology*, **68**, 285-306, Chicago.
- PAINE (R.T.), 1970. — The sediment occupied by recent Lingulid Brachiopods and some paleoecological implications. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, **7**, 21-31, Amsterdam.
- REMANE (A.), 1958. — Ökologie des Brackwassers. in Die Biologie des Brackwassers. Die Binnengewässer publié sous la direction de A. Thienemann, **22**, p. 1-216, Schweizerbart'scher Verl., Stuttgart.
- ROCK-COLOR CHART COMMITTEE, 1963. — Rock-color chart, édité par The Geological Society of America, 6 planches, New-York.



1973

(année 4)

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Imprimerie LOUIS-JEAN - 05002 GAP

Le Gérant : Cl. DELAMARE DEBOUTTEVILLE

Dépôt légal n° 137 - 1973

Tome III

